

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

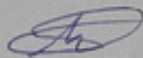
Факультет «Комп'ютерних технологій і систем»  
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної роботи  
бакалавра  
(ступінь вищої освіти)

на тему: Електроживлення поста електричної централізації

за освітньою програмою Системи керування рухом поїздів  
зі спеціальності: 273 Залізничний транспорт  
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи СК19120

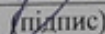


(підпис студента)

/ Антон АЛЕКСЄЄВ /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:



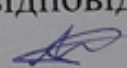
(підпис)

/ доцент, Тетяна СЕРДЮК /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з  
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

  
(підпис)

Дніпро – 2022 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine**  
**Ukrainian State University of Science and Technologies**

Computer technology and systems  
(faculty)

Automation and telecommunications  
(department)

**Explanatory Note**  
**to Master's Thesis**  
**bachelor**  
(higher education degree)

on the topic: Electrosupply of the post of electric centralization  
according to educational curriculum Train traffic control systems

in the Speciality: 273 Railway transport  
(speciality and its code)

Done by the student of the group: CK19120 / Anton ALEKSIEIEV /  
(name, surname)

Supervisor / Associate professor, Tetiana SERDIUK /  
(position, name, surname)

Dnipro – 2022

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

Факультет: Комп'ютерних технологій і систем  
Кафедра: Автоматика та телекомунікації  
Рівень вищої освіти: Перший (бакалаврський)  
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів  
Спеціальність: 273 залізничний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

Володимир ГАВРИЛЮК

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

студенту

Алексєєв Антон Леонідович

(Прізвище, Ім'я По батькові)

**1. Тема роботи:** Електроживлення поста електричної централізації

Керівник роботи:

Сердюк Тетяна Миколаївна, к.т.н., доцент

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від

"18" жовтень 2021р.

№ 704- ст

**2. Строк подання студентом роботи:**

10.06.2022 р.

**3. Вихідні дані до роботи:**

Електрична тяга змінного струму, кількість стрілок на станції-37, кількість підходів до станції – 2, вид автоблокування – кодове змінного струму частотою 25 Гц, станційні рейкові кола - фазочутливі рейкові кола 25 Гц, які кодуються 25 Гц, до станції примикають один двоколіійний перегін і два одноколіійних

**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):**

4.1 Аналіз засобів захисту електроживлячих пристроїв СЦБ;

4.2. Впровадження схеми релейного захисту високовольтних ліній ВЛ СЦБ

4.3 Основна частина: Розрахунок потужності змінного струму, який споживається пристроями ЕЦ. Підвищення надійності електроживлячих вузлах поста ЕЦ

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**

Схеми електроживлення поста електричної централізації. Схеми релейного захисту

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Аналітична частина	Сердюк Т.М., доцент		
Основна частина	Сердюк Т.М., доцент		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	28.02.2022	
2	Аналіз засобів захисту електроживлячих пристроїв СЦБ	28.03.2022	
3	Впровадження схеми релейного захисту високовольтних ліній ВЛ СЦБ	25.04.2022	
4	Розрахунок потужності змінного струму, який споживається пристроями ЕЦ	23.05.22	
5	Підвищення надійності електроживлячих вузлах поста ЕЦ. Висновки	23.05.22	
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	30.05.2022	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	13.06.2022 – 24.06.2022	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Антон АЛЕКСЄЄВ

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Тетяна СЕРДЮК

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 58 сторінок, 3 таблиць, 7 рисунків, 28 джерел використаної літератури.

*Ключові слова:* пост електричної централізації (ЕЦ), панелі електроживлення, схеми захисту, реле напруги, максимальний струмів захист.

Метою дипломної магістерської роботи є здійснення наукового обґрунтування впровадженню схем релейного захисту кіл електроживлення поста ЕЦ.

В першому розділі проаналізовано засоби захисту електроживлячих пристроїв СЦБ, зокрема поста ЕЦ і панелей електроживлення.

В другому розділі дано наукове обґрунтування впровадженню максимального струмового захисту з блокування по мінімальній напрузі, уточнена математична модель системи тягового електропостачання і ліній ВЛ СЦБ, ДПР.

Третій розділ включає в себе оснащення заданого поста ЕЦ панелями електроживлення нового образца типу ПР1-ЕЦК, ПВП1-ЕЦК, ПВ1 – ЕЦК, ПП25.1-ЕЦК, ПСПН1 – ЕЦК. Виконано розрахунок потужності навантаження на панелі. Запропоновано впровадження нових типів акумуляторів і ДГА.

В четвертому розділі розкрито засоби для підвищення надійності електроживлячих вузлів поста ЕЦ за рахунок впровадження нових магнітних пускачів фірми АВВ, блоків захисту від перенапруг

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні та дослідженні систем залізничної автоматики та зв'язку. Матеріали роботи застосовуються в учбовому процесі університету в дисциплінах «Електроживлення систем автоматики».

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОЖИВЛЯЧИХ ПРИБОРІВ СЦБ	11
1.1. Панелі електроживлення поста ЕЦ	11
1.2. Аналіз засобів захисту в пристроях електроживлення	16
1.3. Статистика відмов пристроїв залізничної автоматики	22
1.4. Висновки за розділом	25
2. ВПРОВАДЖЕННЯ СХЕМИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ВЛ СЦБ	28
2.1. Схеми релейного захисту ліній ВЛ СЦБ 10 кВ	28
2.2. Висновки за розділом	33
3. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЗМІННОГО СТРУМУ, ЯКИЙ СПОЖИВАЄТЬСЯ ПРИСТРОЯМИ ЕЦ	34
3.1. Характеристика станції і системи електричної централізації	34
3.2. Розрахунок напівпровідникового перетворювача	35
3.3. Розрахунок акумуляторної батареї 24 В	38
3.4. Розрахунок і розподіл навантажень панелі ПР1 – ЕЦК	44
3.5. Розрахунок навантаження випрямляючої панелі ПВП1 – ЕЦК	47
3.6. Розрахунок стрілочної панелі	48
3.7. Розрахунок потужності рейкових кіл та панелей ПП25.1-ЕЦК	49
3.9. Розрахунок ввідної панелі ПВ1-ЕЦК, навантаження на зовнішні джерела змінного струму і вибір ДГА	50
4. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЯЧИХ ВУЗЛАХ ПОСТА ЕЦ	
ВИСНОВКИ	41
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	58

## ВСТУП

Пристрої електроживлення станцій відносяться до електроспоживачів I категорії особливо важливої групи. Вони повинні бути забезпечені електроенергією від двох незалежних джерел живлення і перерва в їх електропостачанні допускається тільки на час автоматичного включення резервного живлення (не більше 1,3 с). До того ж для таких електроспоживачів необхідно передбачати додаткове електропостачання від третього незалежного джерела. На постах електричної централізації (ЕЦ) великих станцій таким джерелом є дизель-генератор автоматичний і акумуляторні батареї [1 - 9].

Аналізуючи причини, що викликають відмови в електропостачанні, слід зазначити, що найбільша кількість відмов виникала в обладнанні постів ЕЦ – 64,6%. До зовнішніх впливів можна віднести атмосферні перенапруги (6,1%), дії тягових струмів електрифікованих залізниць постійного і змінного струму (9,2%). Однією з причин ненадійної роботи систем електропостачання пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) є відсутність контролю неповнофазних режимів [10, 25-28].

Нова апаратура електроживлення, розроблена на базі тиристорних і транзисторних перетворювачів і керованих випрямлячів, має більш високу надійність, дозволяє підвищити термін служби акумуляторів і забезпечує оптимальні показники пристроїв електроживлення залізничної автоматики [12, 18-28].

Метою даної роботи є аналіз проблем, що виникають в панелях електроживлення старого зразка, впровадження сучасних схем релейного захисту кіл живлення поста ЕЦ, модернізація резервного електроживлення поста ЕЦ.

Неправильне функціонування пристроїв СЦБ може відбуватися внаслідок впливу тягового струму на рейкові кола в нормальних і аварійних режимах роботи системи електропостачання та в результаті короткочасної перерви або

зниження величини напруги. Причинами порушення нормального режиму роботи в лініях ВЛ СЦБ є обрив проводів при падінні дерев або КЗ проводів інших ліній; інтенсивна корозія; замикання проводів при великій стрілі провисання, руйнування ізоляторів [7-9].

Пожежонебезпечні ситуації можуть виникати через нагрівання монтажу і роз'ємних з'єднань внаслідок поганого контакту. Основними причинами загорянь на постах ЕЦ є потрапляння тягового струму на пристрої СЦБ і зв'язку та відсутність селективності захисту в низьковольтних кіл [10 - 21].

Для досягнення поставленої мети необхідно: проаналізувати систему електроживлення, її недоліки схем релейного захисту; впровадити схеми релейного релейного захисту кіл живлення поста ЕЦ; модернізувати резервне електроживлення.

Об'єкт дослідження – модернізація схеми електроживлення поста ЕЦ.

Предмет дослідження – метод та засоби схем релейного захисту високовольтних ліній ВЛ СЦБ.

Одним із шляхів усунення перерахованих вище недоліків є розробка рекомендацій щодо впровадження сучасних засобів релейного захисту. Для захисту ліній ВЛ СЦБ слід запропонувати застосовувати двоступеневий трифазний трьохрелейний максимальний струмовий захист з блокуванням по мінімальній напрузі.

Практичне значення отриманих результатів визначається наступним: проаналізовано недоліки схем електроживлення поста ЕЦ; удосконалено схему релейного захисту ліній ВЛ СЦБ;

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних та експериментальних досліджень, наведені в роботі, отримані автором особисто або безпосередньо з його участю. Особистий внесок здобувача полягає в самостійному плануванні та проведенні досліджень, обробці отриманого матеріалу, формулюванні наукових положень і висновків.

# 1. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОЖИВЛЯЧИХ ПРИСТРОЇВ СЦБ

## 1.1. Панелі електроживлення поста ЕЦ

Згідно з "Правилами здійснення енергопостачання" [13] у відношенні забезпечення надійності електроживлення всі споживачі поділяються на три категорії.

1 категорія - електричні приймачі, перерви в енергопостачанні яких можуть викликати небезпеку для життя, значний збиток народному господарству, ушкодження устаткування, масовий брак продукції, розлад технологічних процесів, порушення особливо важливих елементів міського господарства.

2 - споживачі, перерви в енергопостачанні яких приводять до масової не відпуску продукції, простоям робочих місць, механізованого і промислового транспорту, порушенню діяльності міських жителів і т.д.

3 - споживачі, які не підходять не під 1, не під 2 категорію (цехи несерійного виробництва, сільське господарство і т.д.).

Відхилення напруги допускається в межах 10-15% від номінального значення напруги (207...242 В при номінальному 230 В).

Для даної станції проектуємо систему центрального безбатарейного живлення. Зовнішнє енергопостачання ЕЦ здійснюється від двох незалежних джерел 1 категорії (незалежні фідери - фідери, що одержують живлення від різних високовольтних ліній підстанцій енергосистем районного масштабу). Також передбачається резервне електропостачання пристроїв СЦБ-ДГА з автоматичним запуском.

Панелі електроживлення призначені для центрального живлення пристроїв електричної централізації станцій. На проміжних станціях з числом

централізованих стрілок до 30 використовуються панелі: вступна ПВ2-ЕЦ (ПВ3-ЕЦ) і розподільна ПР2-ЕЦ (ПР3-ЕЦ) [1].

Панель ПВ2-ЕЦ може працювати в одному з двох режимів: в режимі переважання фідера I і в режимі рівноцінних фідерів. Схемне рішення ввідної панелі передбачає контроль справності магнітних пускачів обох фідерів і автоматичне перемикання на справний фідер або резервну електростанцію типу ДГА при відмові. В якості засобів захисту в панелі ПВ2-ЕЦ використовуються прилади грозозахисту, лічильник електроенергії, пристрої контролю чергування фаз трифазної мережі, реле максимальної напруги і детектор підвищеного часу з одночасним виключення двох фідерів, сигналізатор заземлення (СЗМ). СЗМ дозволяє виміряти струми витоку полюсів живлення через землю і між колами різних джерел живлення [1, 2, 10-18].

При батарейній системі живлення розподільча панель ПР2-ЕЦ не використовується, а ввідна панель ПВ2-ЕЦ застосовується спільно з панелями ПРПТ-ЕЦ, ПРП-ЕЦ, ПП50-ЕЦ, ПП25-ЕЦ, ПП50-ЦАБ і ПП75-ЦАБ, які забезпечують резервне живлення робітників і контрольних кіл стрілочних електроприводів, світлофорних ламп і рейкових кіл від кислотних акумуляторних батарей (АБ) типу С і СК з напругою 24 В або 48 В. Варіанти використання панелей електроживлення на малих станціях в залежності від роду струму живлення станційних рейкових кіл (РК) і стрілочних приводів, приведені в табл. 1.1 [1, 10].

Таблиця 1.1

Панелі електроживлення при батарейній системі живлення малих станцій

Напруга на АБ, В	Тип РК	Тип панелей
24	50 Гц	ПВ2-ЕЦ, ПРП-ЕЦ (ПРПТ-ЕЦ)
24	ЦАБ*, тональні РК, АЛСН 75 Гц	ПВ2-ЕЦ, ПРП-ЕЦ (ПРПТ-ЕЦ), ПП75-ЦАБ
24	ЦАБ*, тональні РК, АЛСН 50 Гц	ПВ2-ЕЦ, ПРП-ЕЦ (ПРПТ-ЕЦ), ПП50-ЦАБ

Примітка: \* - система централізованої автоблокування (ЦАБ), \*\* - ПРП-ЕЦ - панель розподільчо-перетворювальна ЕЦ (застосовується на станціях зі стрілочними двигунами постійного струму), ПРПТ-ЕЦ - панель розподільчо-перетворювальна ЕЦ (застосовується на станціях зі стрілочними двигунами трифазного струму).

Для електроживлення великих станцій використовуються ввідна панель ПВ-ЕЦК, ПВ1-ЕЦК, розподільна панель ПР-ЕЦК, ПР1-ЕЦК, напівпровідниково-перетворювальні панелі ПВП-ЕЦК, ПВП1-ЕЦК, стрілочні панелі для живлення двигунів постійного струму ПСП-ЕЦК, ПСПН1-ЕЦК і змінного струму ПСТ-ЕЦК, ПСТН1-ЕЦК, перетворювальні панель ПП25-ЕЦК, ПП25.1-ЕЦК [1- 3].

В даний час на залізницях України широке застосування знайшли ввідні панелі типу ПВ-60 і ПВ-24/220, що встановлюються на великих станціях з кількістю стрілок більше 30 [1-9].

Узагальнивши можливості ввідних панелей різного типу можна сказати, що вони виконують такі функції:

- підключення двох фідерів трифазного змінного струму і ДГА;
- автоматичне перемикавання навантаження з одного фідера на інший при виключенні або нормованій зниженій напрузі в працюючому фідері, а також перемикавання навантаження на резервну електростанцію при виключенні напруги в обох фідерах;
- ручне перемикавання навантаження з одного фідера на інший, відключення фідерів для ремонту, а також ручний запуск дизель-генераторної установки з (без) перемикає між двома пристроями живлення ЕЦ;
- робота поста ЕЦ в одному з двох режимів (ПВ2-ЕЦ): в режимі переважання першого фідера і в режимі рівноцінних фідерів;
- електрична ізоляція кіл живлення пристроїв ЕЦ від зовнішніх джерел змінного струму, а також їх захист від перевантажень;
- захист від перенапруг пристроїв електроживлення ЕЦ;

- оптична сигналізація про роботу фідера і оптична і акустична сигналізація про вимикання напруги фідерів;
- оптична сигналізація про запуск і роботу дизель-генераторної установки;
- оптична сигналізація про заземлення основних кіл живлення (ПВ2-ЕЦ) і перегорянні запобіжників, встановлених на панелі;
- вимір напруг і струмів в фазах обох фідерів, а також вимірювання витрати електроенергії другого (ПВ2-ЕЦ) або першого і другого фідерів (ПВ3-ЕЦ);
- контроль справності магнітних пускачів (МП) обох фідерів (ПВ2-ЕЦ) і резервування живлення навантаження від фідера з справним МП або резервної електростанції;
- підрахунок кількості виключень фідерів, контроль перенапруги, порушення чергування фаз одночасного вимкнення двох фідерів живлення на час більше ніж 1,5 с.

Панель ПВП-ЕЦК призначена для заряду акумуляторної батареї в режимах постійної підзарядки і форсованого заряду і отримання змінного струму потужністю до 1 кВт для гарантованого живлення ламп вхідних світлофорів та інших навантажень від батареї. Панель забезпечує також живлення постійним струмом позапостових схем ЕЦ і електропневматичних клапанів ЕПК для обдування стрілочних переводів в сніговий період [1 – 3].

Панель ПР-ЕЦК призначена для ізоляції від зовнішніх джерел змінного струму кіл живлення ламп світлофорів, контрольних ланцюгів стрілок, рейкових кіл 50 Гц, маршрутних показчиків, ламп табло та інших додаткових навантажень ЕЦ. Панель керує режимами живлення ламп світлофорів і табло і забезпечує сигналізацію заземлення основних навантажень ЕЦ, які отримують від неї електроенергію. В панелі формується імпульсне живлення навантажень ЕЦ.

Стрілочні панелі призначені для електроживлення робочих кіл стрілочних електродвигунів змінного (трифазного) (ПСТ-ЕЦК) або постійного (ПСП-ЕЦК)

струму. При відсутності резерву переведення стрілок від батареї застосовуються панелі ПСТН-ЕЦК і ПСПН-ЕЦК.

Панель перетворювальна ПП25-ЕЦК входить до складу пристроїв електроживлення для постів ЕЦ крупних станцій з центральною системою живлення і резервної кислотної акумуляторної батареєю номінальною напругою 24 В, при застосованні фазочутливих рейкових кіл змінного струму частотою 25 Гц або тональних рейкових кіл з кодуванням АЛС частотою 25 і 50 Гц, з світлодіод-ним табло ДСП, пультами огороження составів і маневровими колонками.

Таким чином, живлячі панелі на постах ЕЦ - це одні з найбільш відповідальних вузлів засобів залізничної автоматики і телемеханіки. Їх несправність призводить до повної відмови в роботі пристроїв електричної централізації і до масових затримок поїздів. Підвищенню надійності електропостачання пристроїв СЦБ сприяє і забезпечення пожежної безпеки на посту ЕЦ.

## **1.2. Аналіз засобів захисту в пристроях електроживлення**

Лінії електропостачання пристроїв СЦБ схильні до пошкоджень і коротким замикань (КЗ). Досвід експлуатації показав, що короткі замикання в високовольтних лініях сигналізації, централізації і блокування (ВЛ СЦБ) виникають через грозові розряди, що викликають перекриття ізоляторів, замикання проводів різних фаз птахами, схльостування проводів, попадання на проводи гілок з дерев при сильному вітрі і т. п. Більшість з них носить короткочасний характер, оскільки причини, що їх викликали самоусуваються, а виникаюча в місці замикання електрична дуга гасне при відключенні напруги вимикачем за допомогою релейного захисту.

Найбільше число пошкоджень в ВЛ СЦБ доводиться на однофазні замикання на землю (близько 50%) і двофазні КЗ (близько 30%), останні можуть виникати при безпосередньому замиканні двох фаз або через перехідний опір при двох замиканнях різних фаз на землю в різних точках ВЛ СЦБ [13].

Фідери, які живлять ВЛ СЦБ 6 (10) кВ забезпечені максимальним струмовим захистом (МТЗ) і мінімальною напругою на шинах живлення, які діють на відключення вимикача. Захист при однофазних замиканнях на землю діє або на сигнал, або, якщо об'єднані високовольтні і низьковольтні заземлення на силових трансформаторах, на відключення вимикача. Для обмеження струмів всіх видів коротких замикань на фідерах СЦБ застосовується гальванічна розв'язка у вигляді подвійної трансформації (6 / 0,4 - 0,4 / 6 кВ) [12 - 14].

Оскільки ВЛ СЦБ є лінією з ізольованою нейтраллю гальванічно розв'язаною з шинами підстанції підвищена вирішальним трансформатором 0,23 / 6 (10) кВ, однофазне замикання будь-якого проводу на землю не змінює міжфазну напругу і не впливає на кабельні мережі СЦБ. На ділянках, де в пристроях СЦБ застосовуються повітряні лінії зв'язку, прокладені по опорах ВЛ СЦБ, однофазні замикання порушують симетрію електромагнітної системи і призводять до збоїв в СЦБ. Струми замикання на землю зазвичай не перевищують одиниць ампер і обумовлені ємністю проводів. При напрузі 6 кВ струм однофазного замикання становить близько 20 мА на 1 км ЛЕП, а при напрузі 10 кВ - 26 мА. Тому лінії ВЛ СЦБ обладнані засобами контролю однофазних замикань на землю, призначеними для оперативного оповіщення персоналу про пошкодження та вжиття заходів щодо його усунення. Допустимий час роботи високовольтної лінії в режимі однофазного замикання - до двох годин. Однак, треба мати на увазі, що при однофазному КЗ може виникнути дуга, що викликає перехідні процеси з появою гармонік високих частот, що створюють резонанс в деяких елементах кіл і пробують ізоляції.

Високовольтні лінії поздовжнього електропостачання (ВЛ ПЕ), як правило, не мають ізолюючих трансформаторів і безпосередньо підключаються до шин підстанції. Отже, сумарна ємність проводів всіх ліній, підключених до шин джерела порівняно велика і струм КЗ на землю буде значним. Тому захист при замиканні на землю повинен діяти на відключення вимикачем пошкодженої лінії ВЛ ПЕ. Напруга на розімкнутому трикутнику трансформатора напруги фідера говорить про появу нульовий послідовності. Вона виникає при несиметрії з різних причин: від однофазного замикання; від наведеної напруги; від нерівномірного навантаження фаз на ЛЕП (наприклад, при втраті контакту на роз'єднувачі). Нульова послідовність передається через трансформатори зі схемою з'єднання обмоток  $Y / Y$  і замикається в трикутнику у трансформаторів непарних груп [14].

У панелях електроживлення поста ЕЦ знайшов застосування струмовий захист, який полягає в установці запобіжників або автоматів. Такий вид захисту має істотні недоліки. Треба відзначити, що вся силова частина електропостачання постів ЕЦ виконана без орієнтування на досвід загальнотехнічних електроустановок. Внаслідок цього, щитові установки ЩВП і ЩВПУ є стативами з великим числом контактів і промислових провідників. В результаті захищеними виявляються лише кілька метрів провідників, що виходять від відповідних приєднань. Внаслідок цього силові кабелі від ЩВП до ввідної панелі, прокладаються в приміщенні поста ЕЦ, і знаходяться в самому кінці зони дії захисту. Струмовий захист кабелів, що прокладаються в польових умовах, відбудовується на більш грубу і тривалу уставку за часом.

Розрахунок уставок струмових захистів на ввідній панелі проводиться за методикою, яка потребує вдосконалення. ВЛ СЦБ і ВЛ ПЕ можна розглядати як систему необмеженої потужності. При живленні навантаження від ліній ВЛ СЦБ (ВЛ ПЕ) в опорі кола короткого замикання необхідно враховувати опір і внутрішнє падіння напруги трьох складових (трансформатора поста ЕЦ і

силового з подвійною гальванічною розв'язкою). Для найбільш масово застосовуваних трансформаторів з напругою короткого замикання  $u_k = 4,5\%$  внутрішнє падіння фазної напруги на низькій стороні становить близько 10 В на кожну кратність номінального струму. Великий опір в коло КЗ вноситься провідниками високовольтних ліній, особливо сталевими.

Як зазначалося вище, практично всі КЗ в низьковольтній мережі 0,4 кВ відбуваються внаслідок виникнення дуги. Падіння напруги на електричній дузі, що є нелінійною функцією струму, вельми значно. Послідовне з'єднання трьох трансформаторів системи електропостачання СЦБ створює необхідну для горіння дуги крутопадаючу зовнішню характеристику. Індуктивності поста ЕЦ виявляються підключеними паралельно дузі [13].

Досвід вибору струмових захистів для фідерів 0,4 кВ постів ЕЦ показав необхідність зіставляти величини струму КЗ, отриманими за результатами розрахунків та по результатами вимірювань кола фаза - нуль. Якщо струм КЗ за результатами вимірювань значно менше розрахункового, то очевидно, що для живлення пристроїв замість нульової жили кабелю використовується заземлюючий пристрій. Необхідно негайно перевірити цілісність нульових жил і їх болтових з'єднань на живлячих кабелях. В системі PEN-провідник неприпустимо приєднання декількох нульових жил на одне з'єднання під болт.

Згідно [15] час відключення аварії в мережі з фазною напругою до 230 В не повинно перевищувати 0,4 с, а для розподіленої мережі - 5 с.

Для отримання різних напруг з ізолюваним від землі нулем на постах ЕЦ застосовуються розділові силові трансформатори типу ТС - однофазні або трифазні. Їх характерною особливістю є значне нагрівання магнітопроводу (більш  $60^\circ\text{C}$ ). Так, струм холостого ходу (ХХ) ТС-10 становить 10% від номінального внаслідок недостатнього числа витків первинної обмотки.

Захист від перенапруги виконаний установкою низьковольтних розрядників в ЩВП і на вторинній стороні ТЗ, а також вирівнювачів різних

типів. При КЗ через дугу в пристроях електропостачання поряд із піковими перенапруженнями, які частково зрізаються пристроями грозозахисту, потрапляє цілий ряд високочастотних гармонік, що викликають резонансні явища в різних контурах схеми (іноді в межах одного приладу). Це може викликати пробій ізоляції і порчу напівпровідникових приладів.

На всіх станціях напруга після ЩВП від основного і резервного джерел і від ДГА надходить на ввідні панелі (ПВ). ДГА автоматично включає навантаження приблизно через 60 с після зникнення напруги на обох фідерах і відключає її після відновлення напруги на одному з фідерів. Контроль рівня напруги на обох фідерах проводиться за допомогою реле типу РН-53/400 або РНП. Включене положення контакторів фіксується лампочками на ввідній панелі і на табло чергового. Рівень фазної напруги обох фідерів контролюється вольтметром. При однаковому рівні напруги на фідерах 1 і 2 схемним рішенням (установкою перемичок) забезпечено переважання фідера 1 (основне живлення). При зниженні величини напруги хоча б на одній з фаз фідера 1 нижче рівня повернення реле контролю напруги відбудеться миттєве перемикання живлення на резервний фідер 2 і миттєве зворотнє повернення на фідер 1 при відновленні на ньому напруги, що перевищує уставку спрацьовування його контрольних реле [13].

Установкою відповідних перемичок можна забезпечити перевагу фідера 2 або встановити перемикання фідерів без переваги. Порушення подачі напруги або перемикання супроводжується акустичним сигналом - дзвінком. Час переходу з фідера на фідер складає від 0,05 до 0,3 с. Система з перевагою фідера 1 і з моментальним поверненням часто створює збої в СЦБ і перекриття сигналів при перемиканні високовольтних фідерів по циклу АПВ - АВР [13, 14].

За контактами контакторів в колах 380 В включені пакетні вимикачі 1ПВ, 2ПВ типу ПВМ-3, призначені тільки для відключення вхідних силових кіл від

загальних шин без навантаження. П1 - П3, П7 - П9 типу ПР - 500 визначається величиною струмового навантаження, споживаної постом ЕЦ. Пофазний контроль струму здійснюється за показаннями амперметрів 1А, 2А [13].

На малих станціях з числом стрілок менше 30 на постах ЕЦ комутаційна потужність панелі в залежності від типу не перевищує 16/28 кВА. Панель забезпечує підключення двох джерел живлення 380/220 В і резервної електростанції. Фазна напруга змінного струму кожного фідера контролюється реле напруги РН1 - РН3 типу РНП. При заводському регулюванні для трифазного навантаження ці реле налаштовуються на спрацьовування при 198 В і на відпадиння при 187 В; для однофазного навантаження - на притягання 207 В, на відпадиння 198 В.

При зниженні напруги хоча б в одній фазі до розрахункового сигнал з РН подається на фідерне реле 1Ф (2Ф), яке через реле повторювачі 1ВФ1 (2ВФ1) управляє включенням і відключенням магнітного пускача 1ВФ2 (2ВФ2) типу ПА-311 з розривною потужністю контактів 50 А. Перемикання навантаження з фідера 1 на резерв проводиться без затримки. Зворотнє перемикання з фідера 2 або ДГА проводиться з витримкою часу до декількох хвилин, що дозволяє стабілізуватися напрузі. При відключенні основних джерел живлення і відсутності резервного ДГА включення навантаження при появі напруги з рівнем спрацьовування на одному з фідерів проводиться без витримки часу [12, 13]. Така система дає менше збоїв в пристроях СЦБ при перемиканні фідерів живлення.

Автоматичні вимикачі 1АВ, 3АВ типу АП 50-3М служать для відключення джерел живлення при перевантаженнях і коротких замиканнях в панелі і повинні мати селективність з апаратами захисту в зовнішніх пристроях електропостачання (наприклад, в комплектних трансформаторних підстанціях КТП).

На нових станціях з тональними рейковими колами (РК) в якості вступних пристроїв встановлюються ЩВПУ, що мають для відключення всіх джерел живлення автоматичні вимикачі з незалежними розчепителями. Відключення провадиться кнопкою дистанційного керування у чергового по станції. Струмівий захист здійснюється за допомогою запобіжників встановлених на ввідній панелі.

Струмове навантаження на фазі з перетворювачами частоти ПЧ-50/25 часто в два-три рази більше, ніж на інших фазах. У зв'язку з обмеженістю потужності трансформаторів основного живлення вкрай небажане підключення на цю фазу інших навантажень поста, особливо негарантованого живлення.

Що стосується стрілочних панелей, при застосуванні стрілочних приводів з трьох-фазними асинхронними двигунами змінного струму слід звернути увагу, що при комутаційних перемиканнях ввідних кабелів 380/220 В не можна міняти порядок чергування фаз.

### **1.3. Статистика відмов пристроїв залізничної автоматики**

Згідно зі статистикою відмов, в пристроях електропостачання станцій під дією зовнішніх факторів (наприклад, атмосферні перенапруги) відбувається 6,1% відмов в панелях електроживлення поста ЕЦ, через вплив тягових струмів залізниць, електрифікованих постійним і змінним струмом – 9,2%.

Однією з причин ненадійної роботи систем електропостачання пристроїв сигналізації, централізації та блокування є відсутність контролю неповнофазних режимів в ланцюгах електропостачання. Згідно зі статистикою, найчастіше виходять з ладу магнітні пускачі - 30,5%, захисні автомати - 19,6%, запобіжники - 18,5%, монтаж - 13%, зарядні пристрої - 7%, тумблери і пакетні вимикачі - 5,4 %.

До основних причин пошкоджень магнітних пускачів електроживлячих панелей відносяться:

- пропадання електричного контакту силових і допоміжних кіл через несвоєчасну чистку і регулювання;
- несправність магнітної системи внаслідок зносу контактуючих поверхонь або пошкодженні короткозамкнутого витка, що виражається в сильному шумі і вібрації пристрою (підвищується ризик виходу з ладу котушки магнітних пускачів внаслідок незахищеності від перенапруг з боку системи електропостачання);
- вихід з ладу котушки через згоряння обмотки або межвіткове коротке замикання. Слід зазначити, що зміни в режимі роботи системи зовнішнього електропостачання є причиною порушення нормального функціонування живлення панелей.

Підвищення напруги понад 250 В. призводить до перегорання запобіжників, спрацьовування захисних автоматів, оплавлення обмоток апаратури, що знаходиться під напругою мережі.

Проведений аналіз показників експлуатаційної роботи галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку за 2015 - 2020 роки дозволив встановити: розподіл відмов пристроїв СЦБ за господарствами Укрзалізниці; якісний склад відмов пристроїв СЦБ за вини служби «Е»; розподіл відмов пристроїв СЦБ за вини служби «Е» по залізницях.

Представимо ці дані на прикладі аналізу 2020 року (рис. 1.1-1.4). На долю відмов за вини служби «Е» у 2021 році приходиться 18,5 % (рис. 1.1), тобто кожен п'ятий випадок відмови пристроїв залізничної автоматики пов'язано з роботою пристроїв, що знаходяться в підпорядкуванні служби «Е». Якісний склад відмов серед цих 19 % по «Укрзалізниці» представлено на рис. 1.2.

На долю відмов, що пов'язані зі зникнення живлючої напруги приходиться 86% (рис. 1.2). В цьому випадку живлення пристроїв автоматики переводиться на

резервні лінії. У разі підвищення напруги, що може бути пов'язано з грозовими перенапругами, у схемах передбачені, як вказувалось раніш, обмежувачі перенапруг [1-4]. При зниженні живлючої напруги схеми перемикаються на резервні джерела, за допомогою аварійних реле [5]. Щодо розподілу відмов СЦБ за вини служби «Е» по залізницях у 2021 році відмітимо, що з причини перепадів напруги живлення кількість відмов по залізницях знаходиться на рівні 10..15%, за виключенням Південної залізниці (0,83%), що в цілому показало долю таких відмов по Укрзалізниці на рівні 7%.

Таким чином, створення і модернізація апаратури електроживлення відповідає вимогам сучасних систем залізничної автоматики і є однією з найважливіших актуальних завдань в справі підвищення пропускної спроможності транспорту і забезпечення безпеки руху поїздів.

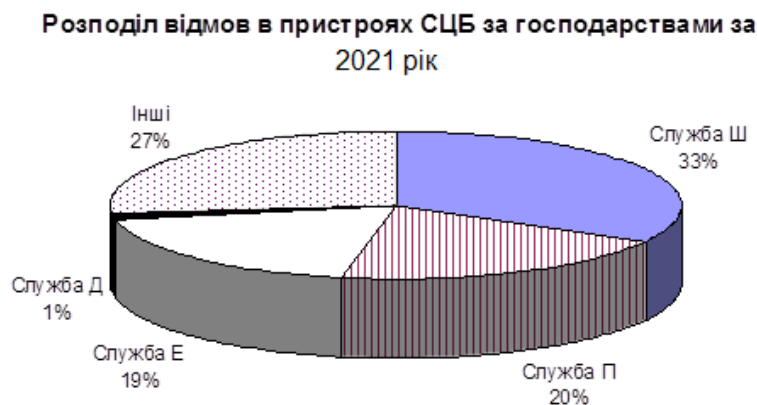


Рис. 1.1. Розподіл відмов пристроїв СЦБ за господарствами за 2018 рік в цілому по Укрзалізниці

### Якісний склад відмов з вини Служби Е

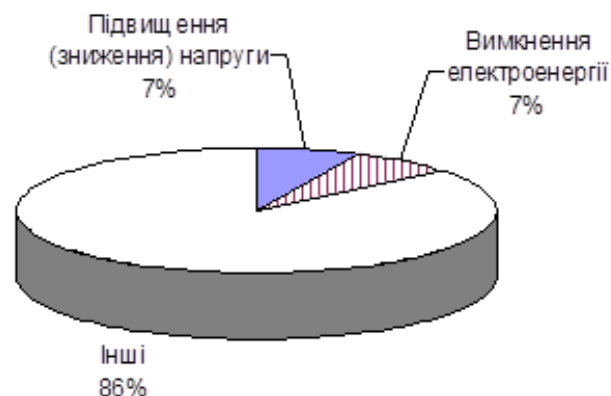


Рис. 1.2. Якісний склад відмов за вини служби «Е» у 2021 році

#### 1.4. Висновки за розділом

Живильні панелі на постах ЕЦ - це одні з найбільш відповідальних вузлів засобів залізничної автоматики і телемеханіки. Їх несправність призводить до повної відмови в роботі пристроїв електричної централізації і до масових затримок поїздів. Підвищенню надійності електропостачання пристроїв СЦБ сприяє і забезпечення пожежної безпеки на посту ЕЦ.

Релейний захист призначено для автоматичного виявлення аварійного режиму і прийняття необхідних заходів для його усунення.

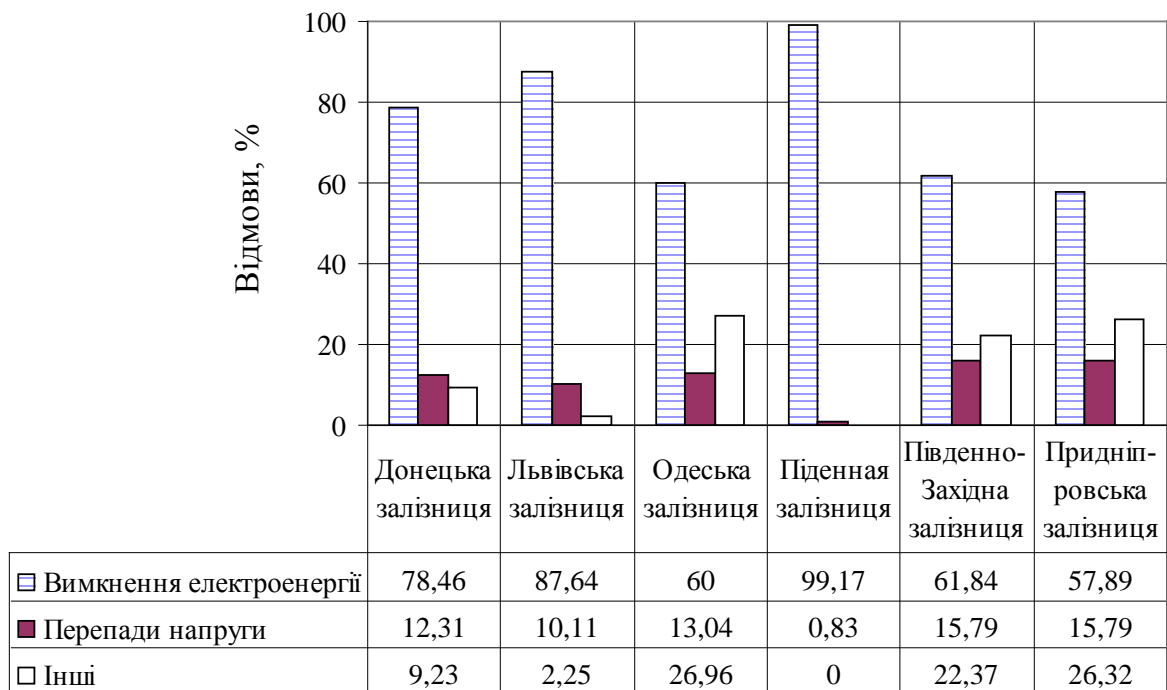


Рис. 1.3. Розподіл відмов пристроїв СЦБ за вини служби «Е» по залізницях України у 2021 році

До релейного захисту пред'являються вимоги селективності, швидкодії, надійності, чутливості, резервування.

Будь-яка схема релейного захисту містить вимірювальні перетворювачі, вимірювальні органи, логічну частину, виконавчі та сигнальні елементи. Необхідно:

- проаналізувати систему електроживлення, її недоліки з боку схем релейного захисту;
- модернізувати засоби обладнання поста електричної централізації за рахунок впровадження нових типів ДГА і акумуляторів нового покоління;
- удосконалити засоби релейного захисту.

## **2. ВПРОВАДЖЕННЯ СХЕМИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ВЛ СЦБ**

### **2.1. Схеми релейного захисту ліній ВЛ СЦБ 10 кВ**

Релейним захистом називають пристрій, що складається з одного або декількох реле, що реагують на ненормальні режими роботи в системі. Захист впливає на вимикачі, і вони відключають ті елементи електричного кола, які небезпечно залишати в роботі. Вона також сигналізує про початок ненормального режиму роботи (про перевантаження, витоку масла з трансформатора і т. п.). Крім цього, релейний захист спільно з пристроями автоматики використовують для автоматичного повторного включення (АПВ) ліній, агрегатів і автоматичного введення резерву в роботу (АВР).

Релейний захист повинен володіти селективністю, швидкодією, чутливістю і надійністю в роботі. Селективність захисту полягає в тому, що при спрацьовуванні її відключається тільки пошкоджену ділянку, а неушкоджені елементи залишаються в роботі. Швидкодія захисту вкрай необхідно, тому що при зниженні часу відключення пошкодженого елемента зменшуються розміри його руйнування при к. з. і підвищується стійкість роботи системи. Під чутливістю розуміється здатність захисту реагувати на всі види пошкоджень і ненормальних режимів в самому початку їх виникнення. Захист повинен бути надійним, тобто не повинно бути випадків неправильної дії і відмов її при ненормальних режимах роботи в системі.

Реле - це прилад, що реагує на зміну певного параметра, що характеризує режим роботи установки. Розрізняють реле електричні та неелектричні. До останніх відносяться газові, термічні та ін.

За способом впливу на вимикач реле бувають прямої і непрямой дії. Перші впливають безпосередньо на запірний механізм вимикача, вони громіздкі і недостатньо чутливі. Реле непрямой дії мають малі розміри і на привід вимикача впливають через допоміжний ланцюг. Реле можуть мати замкнуті і розімкнені контакти.

Для живлення котушок реле непрямой дії необхідне незалежне джерело постійного або змінного струму. На підстанціях і електростанціях в якості джерела оперативного струму найчастіше застосовують акумуляторну батарею. Джерелами змінного оперативного струму є вимірювальні трансформатори струму і напруги, проміжні трансформатори і трансформатори власних потреб.

Найбільше застосування отримали електромагнітні реле. Їх використовують в якості струмових реле, напруги, часу, проміжних і сигнальних. Робота індукційних реле заснована на взаємодії двох магнітних потоків, вони спрацьовують в результаті повороту мідного або алюмінієвого диска. Їх застосовують в якості реле струмових, напрямки потужності і диференціальних струмових.

Реле характеризується номінальним струмом і напругою, струмом або напругою спрацьовування і повернення, коефіцієнтом повернення, видом автоматичних характеристик (незалежна і обмежено залежна), споживаної потужністю. При незалежній характеристиці струму реле має постійний час спрацьовування, що не залежить від струму, а час спрацьовування реле з обмежено залежною характеристикою залежить від струму в обмотці реле (реле індукційні).

Для вказівки типу реле в схемах захисту застосовують відповідні букви: РТ - реле струму, РН - напруги, РМ - потужності, РС - опору, РУ вказівний, РВ - часу, РП - проміжне. РГ - газове, ТС - температурне і т. П. Застосовують захист, побудований на напівпровідникових приладах (діодах, транзисторах, тиристорах). Такі реле не мають контактів і рухомих елементів. У порівнянні з

електромеханічними реле у них менше розміри, нижче споживана потужність, вище чутливість, краще характеристики.

Релейний захист призначений для захисту електричних мереж, генераторів, трансформаторів і інших елементів електричних установок. Існує велика кількість різних видів релейних захистів. Вибір захисту визначається конструкцією мережі (повітряна, кабельна), конфігурацією, напругою мережі, режимом роботи, способом заземлення нейтралі і іншими факторами.

Розрізняють такі види захистів: струмові, що діють при збільшенні струму до захисного ланцюга; диференціальні, що реагують на різницю струмів на кінцях захисного елемента; дистанційні спрямовані і не спрямованими з витримкою часу, яка визначається відстанню від місця захисту до місця пошкодження; високочастотні і спеціальні.

Максимальний струмовий захист може бути виконаний трьох- і двофазний (рис. 2.2, а, б). Трифазний захист складається з трьох електромагнітних струмових реле РТ-40 з замикаючими контактами, що приєднуються до вторинних обмоток трансформаторів струму ТТ, з'єднаних в зірку. При к. з., або перевантаженні струм у вторинній обмотці хоча б одного трансформатора зростає і в котушці одного з реле РТ струм побільшає струму спрацьовування. Реле замкне контакти вторинному ланцюзі і подає живлення на проміжне реле РП. Останнє своїми контактами замкне коло котушки відключення вимикача КО і вимикач відключиться.

Контакти струмових реле малопотужні, тому тут використано проміжне реле з більш потужними контактами. Вказівний реле РУ сигналізує про спрацьовування захисту. Такий захист застосовують у системах з заземленою нейтраллю. Для мереж з ізолюваною нейтраллю (6; 10 кВ) застосовують захист в двофазному виконанні з двома струмовими реле (див. рис. 2.2, б). Спрацьовує він тільки при дво- або трифазних к. з. У разі замикання однієї фази на землю струм малий і тоді застосовують спеціальний захист від замикання на землю.

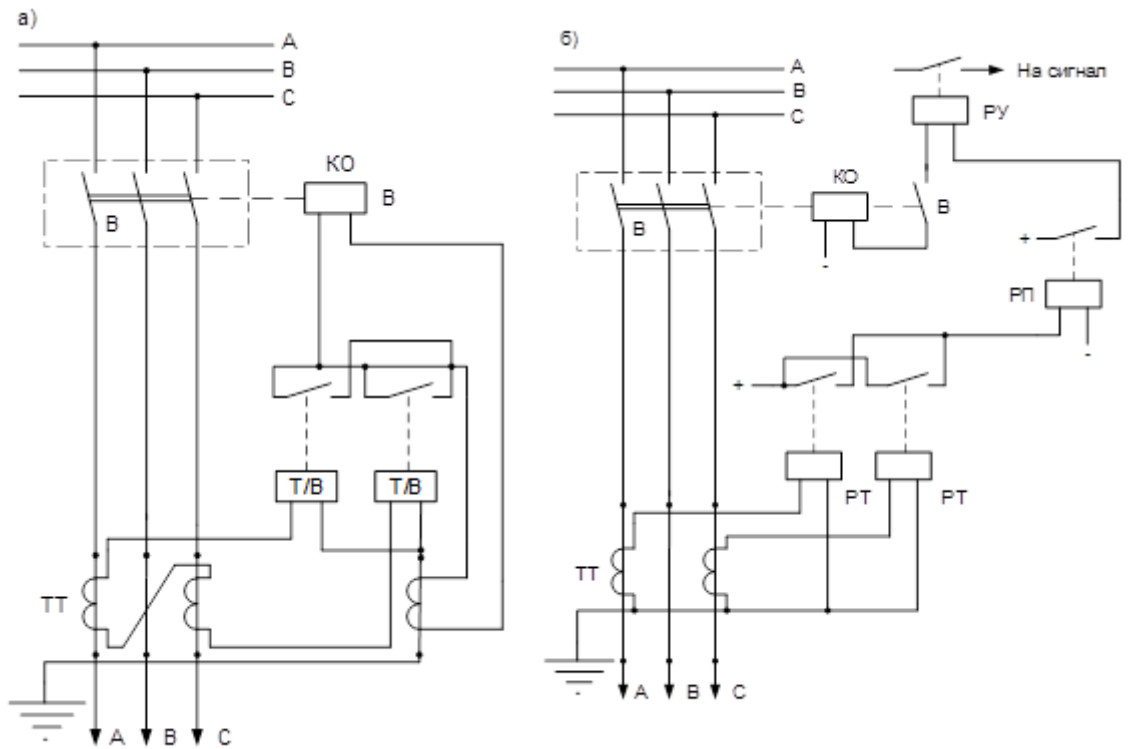


Рис. 2.2. Трифазна (а) і двофазна (б) максимальний струмовий миттєвий захист

Максимальний струмовий захист без витримки часу призначений для швидкого відключення струмів к. з. і може бути використаний в мережах будь-якої конфігурації. Вибірковість дії її в мережах з одностороннім живленням здійснюється налаштуванням струмових реле на різні струми спрацьовування. Струм спрацьовування повинен бути менше струму к. з. на даній ділянці, але більше струму к. з. на ділянці, що розташовується на відстані далі від джерела живлення.

Максимальний струмовий захист з незалежної витримкою часу відрізняється від попереднього захисту. наявністю реле часу типу ЕВ-112 з годинниковим механізмом (рис. 2.4). Такий захист виробляє відключення з витримкою часу, на яку відрегульовано реле часу незалежно від значення струму к. з. і віддаленості від місця пошкодження. Вибірковість дії захисту досягається

різною витримкою часу. При радіальній мережі, що складається, наприклад, з трьох ділянок, витримка часу захисту найбільш віддаленої від джерела живлення лінії буде самої мінімальною  $t_1$ . Захист кожної наступної ближчою до джерела живлення лінії буде мати витримку часу, велику на дельта  $t$ , ніж захисту попередньої лінії. Величину дельта  $t$  називають ступенем витримки часу. Ступінь, часу для суміжних ділянок становить 0,5-0,6 с.

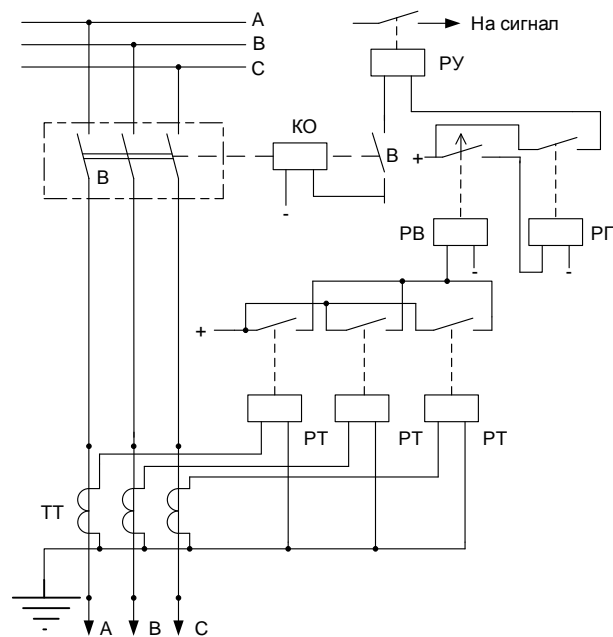


Рис. 2.3. Максимальний струмовий захист з незалежною витримкою часу

Струмовий захист з обмежено залежною витримкою часу виконують з індукційними реле РТ-80, РТ-90. При к. з. і перевантаженнях захист спрацьовує і відключає ланцюг через певний час, що залежить від струму в обмотках реле і його налаштування. Тому реле часу тут не використовують. Ступінь часу захисту приймають рівною не менше 0,7 с з урахуванням інерційного вибігу реле. Індукційні реле мають також додаткові електромагнітні пристрої, що забезпечують спрацьовування реле при великих токах без уповільнення. Струмовий захист з електромагнітним реле допускає більший діапазон витримок і є більш точний, ніж з індукційний.

Для перерахованих захистів необхідний оперативний струм. в електроустановках, що не мають джерел постійного струму, для струмових захистів можуть бути використані джерела змінного струму (рис. 2.4, а).

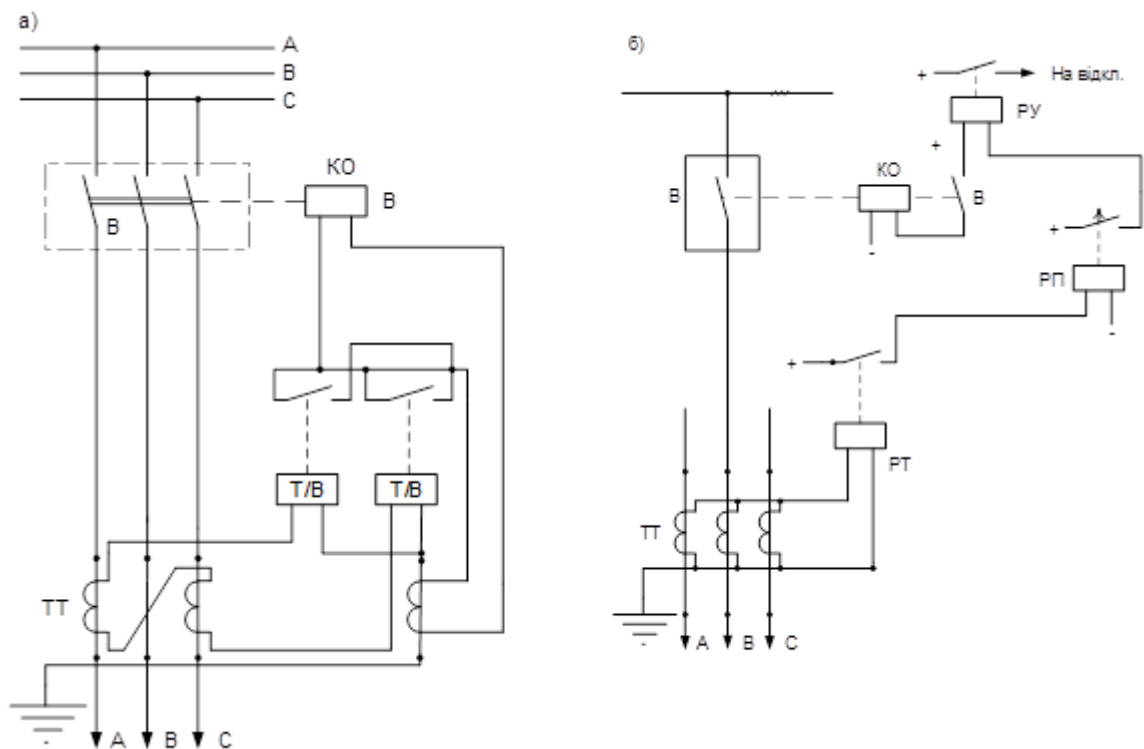


Рис. 2.4. Максимальний струмовий захист з оперативним змінним струмом (а) і захист від замикання на землю (б)

## 2.2. Висновки за розділом

Виконано аналіз проблем, які виникають в панелях електроживлення поста ЕЦ старого зразка. Однією з причин ненадійної роботи систем електропостачання пристроїв СЦБ є відсутність контролю неповнофазних режимів в колах електропостачання.

Неправильне функціонування пристроїв СЦБ може відбуватися внаслідок впливу тягового струму на рейкові кола в нормальних і аварійних режимах роботи системи електропостачання та в результаті короточасної перерви або

зниження величини напруги живлення. Причинами порушення нормального режиму роботи ВЛ СЦБ є: обрив проводів при падінні дерев або накидання проводів інших ліній (КЗ); інтенсивна коррозія; замикання проводів при великій стрілі провисання, поломки ізоляторів або обриву в'язки проводів.

Розглянуто питання забезпечення пожежонебезпеки. Пожежонебезпечні ситуації можуть виникати через нагрівання монтажу і роз'ємних з'єднань внаслідок поганого контакту. Основними причинами возгорянь на постах ЕЦ є потрапляння тягового струму на пристрої СЦБ і зв'язку та відсутність селективності захистів в низьковольтних колах.

Одним із шляхів усунення перерахованих вище недоліків є розробка рекомендацій щодо впровадження сучасних засобів релейного захисту. Для захисту ліній ВЛ СЦБ запропоновано застосовувати двохступеневу трифазну трирелейний максимальний струмовий захист з блокуванням по мінімальній напрузі з АПВ.

### **3. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЗМІННОГО СТРУМУ, ЯКИЙ СПОЖИВАЄТЬСЯ ПРИСТРОЯМИ ЕЦ**

#### **3.1. Характеристика станції і системи електричної централізації**

Вид тяги - електрична тяга змінного струму. Станція подовжня. Міжколійна відстань 6 м. Марки хрестовин на головних шляхах 1/9 і 1/11, у тупиках та інших шляхах - 1/9. Тип рейок головних шляхів Р65, бічних - Р50. Загальна кількість стрілок - 37 шт. Вид автоблокування - кодове автоблокування. Рейкові кола кодові змінного струму частотою 25 Гц. Станційні рейкові кола - фазочутливі рейкові кола 25 Гц, які кодуються 25 Гц. Оскільки на станції число стрілок більш 30 із маршрутизованими пересуваннями, то застосовано маршрутно-релейну централізацію блокового типу (БМРЦ). В електричну централізацію (ЕЦ) включено головні й охоронні стрілки, що входять у маршрути: прийому і відправлення, передачі потягів і маневрових потягів з одного парку в іншій, маневрові, що перетинають поїзні маршрути, подачі локомотивів до потягів і збирання локомотивів у депо. Крім того, централізовані стрілки маневрових районів і окремі стрілки, ручне обслуговування яких недоцільно. Система електроживлення безбатарейна.

Комплектація щитової установки ЕЦ панелями живлення. Щитова установка, що споруджується на посту ЕЦ, комплектується типовими панелями живлення в залежності від кількості централізованих стрілок, роду тяги і системи живлення ЕЦ. Досвід, накопичений за час експлуатації, показав, що можна підвищити надійність і ефективність їх роботи. Так, наприклад для збільшення стійкості панелей до імпульсних перешкод необхідно використовувати більш досконалі прилади обмеження перенапруги. Шляхом скорочення надмірності і різнотипності блоків живлення з вихідною

номінальною напругою 24 В можна домогтися зниження вартості панелі ПВП1М - ЕЦК [1,6].

Для даної станції застосуємо щитову установку з такими панелями:

ПВ1М-ЕЦК – ввідна модернізована;

ПР1-ЕЦК – розподільча;

ПВП1М-ЕЦК – випрямно-перетворювальна модернізована;

ПСПН-ЕЦК – стрілочна;

ПП25.1-ЕЦК – перетворювальна рейкових кіл.

### **3.2. Розрахунок напівпровідникового перетворювача**

При безбатарейної системи живлення МРЦ від напівпровідникового перетворювача типу ППВ-1 получають живлення в випадку відключення всіх джерел змінного струму :

- станційні блоки дешифраторів кодової автоблокування прилеглих до станції блок діляниць;
- схеми зміни направлення руху і контролю прилеглих перегонів (при організації дох стороннього руху поїздів);
- схеми ДСН на прилеглих перегонах (зараз в багатьох випадках є демонтованою).

Розрахунок навантажень перетворювача ППВ-1 приведений в табл. 3.1.

Достовірно, що КПД перетворювача ППВ – 1 [ 6 ] залежить від степені загрузки. Для цього в цілях збільшення КПД використовується можливість настройки перетворювача на номінальні потужності 0.3; 0.6 та 1.0 кВт. Така настройка проводиться по результатам розрахунків максимальної (пікової) потужності навантажень  $S_m, B \cdot A$

$$S_M := \sqrt{[(\Sigma P_M)^2 + (\Sigma Q_M)^2]} \quad (3.1)$$

$$P_M = 38.1 + 36.5 + 49.8 + 38.1 = 162.2 \text{ Вт},$$

$$Q_M = 18.0 + 5.0 + 50.4 + 18.0 = 91.4 \text{ Вар}, \quad S_M = \sqrt{[(162)^2 + (91.4)^2]} = 186.4 \text{ ВА}$$

Таблиця 3.1

### Розрахунок навантаження перетворювача

Найменування навантажень	Максимальна потужність навантажень		Середній добовий коеф. К	Середня потужність навантажень	
	Р <sub>м</sub> , Вт	Q <sub>м</sub> , вар		Р <sub>ср</sub> , Вт	Q <sub>ср</sub> , вар
Схема зміни напрямку і контролю перегону (блок ДСНП -2)	38.1	18.0	1	38.1	18.0
Схема ДСН на станції	36.5	5.0	1	36.5	5.0
Станційні дешифратори АБ	49.8	50.4	1	49.8	50.4
Схема ДСН на прилягаючому перегоні (блок ДСНП-2)	38.1	18.0	1	38.1	18.0
Всього	162,5	91.4	-	162,5	91.4

При відключенні кіл подвійного зниження напруги

$$P_M = 49.8 + 38.1 = 87.9 \text{ Вт}, \quad Q_M = 50.4 + 18.0 = 68.4 \text{ Вар}$$

$$S_M = \sqrt{[(87.9)^2 + (68.4)^2]} = 111.4 \text{ ВА}$$

Слідє розуміти, що можливість навантаження перетворювача залежить від коефіцієнта потужності навантаження  $\cos\varphi$ , який для пікової потужності визначається як

$$\cos\varphi_M = \sum P_M / S_M. \quad (3.2)$$

Перетворювач розрахований на номінальну навантаження  $P_{ном}$  ( 0.3; 0.6; 1.0 кВт) при  $\cos\varphi = 0.9$ .

Розрахунок середньої потужності перетворювача проводиться для визначення струму, використаного перетворювачем від акумуляторної батареї.

При використанні коефіцієнта навантаження  $K$ , потрібна від перетворювача середня потужність, може бути визначена на основі слідуєчих виразів :

$$P_H = \sum K \cdot P_M, \text{ Вт}; \quad (3.3)$$

$$Q_H = \sum K \cdot Q_M, \text{ вар}. \quad (3.4)$$

Середній коефіцієнт потужності навантажень перетворювача

$$\cos\varphi_H = P_H / \sqrt{P_i^2 + Q_i^2} \quad (3.5)$$

Коефіцієнт загрузки перетворювача

$$K_H = P_H / P_{ном} \quad (3.6)$$

де  $P_{ном}$  – номінальна потужність перетворювача з рахунком його настройки на пікову потужність навантаження .

Коефіцієнт потужності впливає не тільки на використання встановленої потужності перетворювача, а також і на його КПД.

$$\eta_{п} = (\eta_{\varphi} \cdot \eta_H) / 0.82 \quad (3.7)$$

з врахуванням величин  $P_H$  і  $\eta_{п}$  струм  $I_{п}$ , А, використаний перетворювачем від батареї, складає

$$I_{п} = P_H / (\eta_{п} \cdot U_{б}) \quad (3.8)$$

де  $U_{б}$  – номінальна напруга акумуляторної батареї, В.

$$I_{п} = 9 \text{ А}.$$

### 3.3. Розрахунок акумуляторної батареї 24 В

При визначенні ємності акумуляторів слідує виходити із умов експлуатації батареї в основному і додатковому режимів резервування [5] .

Основний режим резервування є живлення на протязі 2ч від батареї всіх гарантованих навантажень ЕЦ в аварійних умовах при відключенні джерел змінного струму, в тому числі і ДГА.

Користувачами гарантованого живлення від батареї в цьому випадку являються:

- релейна апаратура ЕЦ (розхід струму  $I_a$  з розрахунку на одну стрілку складає 0.262 А [5] );
- прибори живлючої установки – реле, блоки, сигналізатори заземлень і тд. (використаний приборами струм  $I_{рп}$  не залежить від числа стрілок і в цілому на пост ЕЦ складає 0.432А [5];
- контрольні лампочки на табло і панелях живлення – контролю фідерів, роботи перетворювача і тд. (використаний лампочками струм  $I_{лп}$  в розрахунку на пост ЕЦ дорівнює 0.175 А [5] );
- контрольні лампочки повторювачів вхідних світлофорів на табло (використаний струм  $I_{лс}$  в розрахунку на один підхід може складати 0.090 А);
- перетворювач ППВ -1 по гарантованому живлення кіл змінного струму був розрахований в п.3.1 і складає  $I_n = 9А$ .

Розрядний струм батареї в режимі основного резервування , А,

$$I_{\text{бо}} = I_a \times n_c + I_{\text{лс}} \times n_{\text{вх}} + I_{\text{рп}} + I_{\text{лп}} + I_n, \quad (3.9)$$

$$I_{\text{бо}} = 9.7 + 0.5 + 0.432 + 0.175 + 9 = 19.8 \text{ А}$$

де  $n_c$  – число стрілок ЕЦ;

$n_{\text{вх}}$  – число підходів до станції.

Розрахунковий час  $t_{po}$  (2год.) основного резервування вибрано з розрахунку часу ремонту можливих несправностей ДГА.

Розрядний струм батареї в допоміжному режимі резервування

$$I_{\bar{o}\bar{d}} = I_{\bar{o}\bar{o}} - I_a \times n_c \quad (3.10)$$

$$I_{\bar{o}\bar{d}} = 19.8 - 9.7 = 10.1 \text{ A}$$

В умовах розглядаючого режиму експлуатації акумуляторної батареї фактична її розрядна ємність складає  $A \times \text{год}$ ,

$$Q_{\phi} = I_{\bar{o}\bar{o}} \times t_{po} = I_{\bar{o}\bar{d}} \times t_{po}. \quad (3.11)$$

$$Q_{\phi} = 140.6 \text{ A} \times \text{год}$$

При виборі типу акумуляторів необхідно врахувати, що в цілях зменшення різнотипності акумуляторних посудів на постах ЕЦ рекомендується використовувати наступних акумуляторів: СК4, СК6, СК8. В нашому випадку приймаємо акумуляторну батарею типу СК4. Однак акумулятори типу СК є морально і технічно застаріли, хоча і надійними.

В даний час питання електропостачання постів ЕЦ та інших станційних приміщень (ДСП, релейних будок), а також перегінних пристроїв СЦБ вирішуються відповідно до вимог нормативних документів, затверджених МШС: інструкцій ЦЕ-462, ЦЕ-191, ЦЕ-881, ВНТП-86. Ці документи базуються в основі своїй на вимогах ПУЕ [15]. При цьому живлення передбачається від суміщених або спеціальних комплектних трансформаторних підстанцій (КТП), а іноді і від власних фідерів 0,4 кВ [1].

На перегонах електропостачання здійснюється від спеціальних ліній: ВЛ СЦБ, ВЛ ПЕ, ДПР [6, 9, 10].

Станційні пристрої автоматики магістрального залізничного транспорту (пости електрифікованої (ЕЦ) і диспетчерської (ДЦ) централізації) в основному отримують електроенергію від трифазних трансформаторних підстанцій з вторинною напругою 380/220 В і глухозаземленою нейтраллю. Проектування

пристроїв електропостачання та заземлення здійснюється відповідно до затверджених нормативними документами та чинним ГОСТам.

Резервне живлення при безбатарейній системі електропостачання поста ЕЦ (при відключенні двох фідерів) здійснюється від акумуляторної батареї. В даний час для резервного живлення станційних і перегінних пристроїв залізничної автоматики застосовуються кислотно-свинцеві акумулятори типу СК-6, СК-8, СК-10 або АБН-72, АБН-80. Дані акумулятори можуть забезпечити струм розряду до 185 А, і тому дуже довго їм не було альтернативи як резервного живлення стрілок і світлофорів, особливо на великих станціях з кількістю стрілок від 30 до 100 і вище [6, 9, 10] .

Пропонується в якості альтернативного джерела постійного струму використати літій-залізофосфатні акумулятори (Lithium Iron Phosphate - Li-FePO<sub>4</sub>) – це один з нових видів літійєвих акумуляторів з номінальною напругою 3,2 ... 3,3 В на один елемент. Питома щільність енергії літій-залізофосфатні акумуляторів в 3 ... 5 рази вище, ніж у свинцево-кислотних акумуляторів, і при цьому вони можуть забезпечити високу швидкість розряду струмом до 10С [19].

Основні особливості та характеристики Li-FePO<sub>4</sub> акумуляторів []:

- тривалий термін експлуатації. Літій-залізофосфатні акумулятори забезпечують понад 2000 циклів «заряд-розряд» (при заряді і розряді струмом в 1Qном). Після 1000 циклів «заряд-розряд» струмом 1Qном зниження ємності акумуляторів Li-FePO<sub>4</sub> складає всього 10%, а після 2000 циклів залишається приблизно 80% ємності від початкового значення. Після цього акумулятор можна експлуатувати і далі, але зі зниженою ємністю;

- допускають високу швидкість розряду струмом: тривалий розряд до 2С і коротко-тимчасовий розряд до 10Qном;

- допускають високий струм заряду до 0,5С, що значно зменшує час заряду акумулятора (1 ... 2 години). При струмі заряду 0,5Qном літій-залізофосфатні акумулятор за 30 хвилин заряджається до 80% від своєї номінальної ємності;

- окремі елементи літій-залізофосфатні акумуляторів, також як і кислотно-свинцеві акумулятори, можна включати паралельно і послідовно для збільшення ємності і напруги акумуляторних батарей;

- високий рівень безпеки літій-залізофосфатні акумуляторів. На відміну від Li-Ion-акумуляторів в них відсутність небезпека спалаху або вибуху при заряді або короткому замиканні;

- широкий діапазон робочих температур від -10 до + 60 ° С;

- практично під час всього процесу розряду літій-залізофосфатні акумулятори забезпечують постійне номінальної-ве значення напруги 3,2 ... 3,3 В;

- відсутність токсичності виробництва літій-залізофосфатні акумуляторів, так як всі сировину, що використовується при виробництва, є екологічно чистим і не отрує навколишнє середовище.

В даний час літій-залізофосфатні акумулятори широко застосовуються для живлення електротранспорту (електричні велосипеди та мото-цикли, електровізки), для резервного живлення базових станцій в системах мобільної зв'язку, для автономного живлення електроінструментів та інших пристроїв в яких використовуються електродвигуни, а також у джерелах живлення на сонячних батареях для накопичення енергії (системи забезпечення електроенергією житла).

Для автономного живлення переносної апаратури випускаються одноелементні акумулятори з номінальною напругою третьому 3,2 В, і ємністю від 600 мА·год. (вага 15 г) до 36 А·год (вага 900 г). Акумулятори даного типу можна використовувати для живлення радіостанцій, датчиків, вимірювальних приладів. Для резервного живлення станційної апаратури і автономного

живлення електричних транспортних засобів випускаються акумуляторні збірки з номінальним напругою 6, 9, 12, 24, 36 і 48 В, і ємністю від 10 А · год (вага 500 г) до 200 А·год (вага 78 кг). Акумулятори даного типу підходять в якості заміни кислотно-свинцевих акумуляторів для резервного живлення станційних і перегінних пристроїв залізничної автоматики, оскільки можуть забезпечити струми розряду до 200 А [22-25].

До недоліків літій-залізофосфатні акумуляторів можна віднести те, що вони поки трохи поступаються по щільності енергії літій-полімерним акумуляторам. Вони не сумісні з зарядними пристроями для літій-іонних акумуляторів, оскільки максимально допустима напруга повного заряду літій-залізофосфатних акумуляторів складає 3,7 В, а у Li-Ion- і Li-Pol-акумуляторів номінальна напруга заряду складає 4,2 В.

Для створення зарядних пристроїв літій-залізофосфатних акумуляторів можна застосовувати контролери заряду  $\text{LiFePO}_4$ -акумуляторів компанії Texas Instruments, які побудовані на основі контролерів для Li-Ion- і Li-Pol-акумуляторів, зі зміною рівнів напруг, до яких необхідно заряджати літій – залізофосфатні акумулятори [19-25].

Одноелементні літій-железофосфатні акумулятори з номінальною напругою 3,2 В, і ємністю від 600 мА·год (вага 15 г) до 36 А·год (вага 900 г) можна використати для живлення радіостанцій, датчиків, вимірювальних приладів.

Для резервного живлення стаціонарної апаратури і автономного живлення електричного транспорту випускаються акумуляторні збірки з номінальною напругою 6, 9, 12, 24, 36 і 48 В, і ємністю від 10 А год (вага 500 г) до 200 А·год (вага 78 кг). Такі акумулятори можуть бути впроваджені для резервного живлення станційних і перегінних пристроїв залізничної автоматики, оскільки можуть забезпечити струми розряду до 200 А, що характерно для станцій з числом стрілок від 30 до 100.

Літій-залізофосфатні акумулятори, як один з нових видів літєвих акумуляторів з номінальною напругою 3,2 ... 3,3 В на один елемент, мають питому щільність енергії в 3 ... 5 рази вище, ніж у свинцево-кислотні акумуляторів, і при цьому вони можуть забезпечити високу швидкість розряду струмом до 10С, є дорогими і вимагають використання спеціальних зарядних пристроїв, які несумісні із зарядними пристроями літій-іонних і літій-полімерних акумуляторів [22-25].

Застосування літєвих акумуляторів в пристроях СЦБ та зв'язку дозволить покращити умови праці електромеханіків, що пов'язано з виключенням такого шкідливого чинника, як вплив парів або бризок сірної кислоти на обладнання та обслуговуючий персонал і, отже, підвищити безпеку, скоротити місце для розміщення обладнання, полегшити працю і, таким чином, вивільнити певну кількість електромеханіків.

### 3.4. Розрахунок і розподіл навантажень панелі ПР1 – ЕЦК

Розрахунком розподільчої панелі ПР1 – ЕЦК прослідковується ціль недопущення перенавантажень вторинних обмоток силових трансформаторів TV3 і TV6, а також забезпечення приблизно однакового їх навантаження.

*Лампочки табло і живлючих панелей.* Цім навантаженням визначається потужність вторинної обмотки «а» TV3

Встановлено, навантаження, що видається лампочками табло і живлючих панелей, в середньому на одну стрілку  $P_{лтс}$ ,  $Q_{лтс}$  складає 6 Вт і 0.9 вар [5].

В цьому випадку загальне навантаження від всієї світлосхеми станції  $P_{лт}$ ,  $Q_{лт}$  на трансформатор TV3 визначається відношеннями:

$$P_{лт} = P_{лтс} \times n_c; \quad (3.12)$$

$$P_{лт} = 6 \times 37 = 222\text{Вт}$$

$$Q_{\text{лм}} = Q_{\text{лмс}} \times n_c \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{лм}} = 0.9 \times 37 = 33.3 \text{ вар}$$

*Світлофори.* Для більш рівномірного розподілу навантаження світлофорів на живлючому обладнанні в панелі ПР1 – ЕЦК є змога розподілу світлофорів на 4 групи, які підключаються до обмоток «а», «в» і «с» TV6 (кола ПХС2, ПХС3, ПХС4), а також до обмотки «с» TV3 (кола ПХС1). Крім того, миготінь вогнів світлофорів ПХСМ імпульсного живлення.

Загальну потужність навантаження від всіх світлофорів станції можна визначити по формулі :

$$S_{\text{св н}} = S_{\text{св}} \times n_{\text{св}}, \quad (3.14)$$

де  $S_{\text{св}}$  - повна потужність світлофора (складає 22 ВА при  $\cos\varphi = 0.95$  [5 ])

$n_{\text{св}}$  - кількість світлофорів на станції.

$$S_{\text{св н}} = 1296 \text{ ВА}$$

*Маршрутні покажчики.* Для живлення маршрутних покажчиків використовуються фазові обмотки «в» TV3 і TV6. При цьому для живлення маршрутних покажчиків положення використовуються ланцюги ПХУ1, ПХУ2 і ПХУ3, з них ПХУ2 – для живлення маршрутних покажчиків віддалених об'єктів; для живлення маршрутних покажчиків колії відправлення – ланцюги ПХУС1 і ПХУС2, з них ланцюг ПХУС2 – для покажчиків віддалених об'єктів.

Потужність маршрутних покажчиків  $P_{\text{му}}$  в нашому випадку складає 700Вт.

*Контрольні кола стрілок.* Для живлення контрольних кіл стрілок використовується напруга 220В, яка отримується від обмотки «в» TV3.

Повна потужність кіл контролю стрілок ,  $V \times A$ ,

$$S_{\text{кц}} = S_{\text{ксс}} \times n_c \quad (3.15)$$

де  $S_{\text{ксс}}$  - потужність кіл контролю в розрахунку на одну

стрілку ( складає:  $P_{\text{ксс}} = 7.7 \text{ Вт}$ ,  $Q_{\text{ксс}} = 5.3 \text{ вар}$  [ 5 ])

$$S_{ксс} = \sqrt{[(7.7)^2 + (5.3)^2]} = 9.4 \text{ В} \times \text{А} ;$$

$$S_{кс} = 9.4 \times 37 = 348 \text{ В} \times \text{А}.$$

*Дешифруюче обладнання автоблокування.* Потужність дешифраторів автоблокування  $S_{\text{да}}$ , які отримують живлення від трансформатора TV7 від обмотки «а» TV6, залежить від числа підходів  $n_{\text{ex}}$  до станції і може бути визначене по слідуючій формулі,  $\text{В} \times \text{А}$ :

$$S_{\text{да}} = S_{\text{дан}} \times n_{\text{ex}} \quad (3.16)$$

де  $S_{\text{дан}}$  - потужність дешифруючих приладів в розрахунку на один підхід (складає  $P_{\text{дан}} = 16,6 \text{ Вт}$ ,  $Q_{\text{дан}} = 16,8 \text{ вар}$  [ 5 ] )

$$S_{\text{дан}} = \sqrt{[(16.6)^2 + (16.8)^2]} = 23.7 \text{ В} \times \text{А}; \quad S_{\text{да}} = 23.7 \times 3 = 71.1 \text{ В} \times \text{А} .$$

*Кола, які знаходяться за межами поста ЕЦ.* Потужність кіл по змінному струмі 220В, живеться від обмотки «а» TV6 через панель ПВП1-ЕЦК та визначається по даним розрахунку навантажень ППВ-1.

*Трансмітерне реле і трансмітери.* Навантаження  $S_{\text{тр}}$ , видаване трансмітерними реле і кодовими трансмітерами на обмотку «в» TV6, може бути прийнята в розрахунку на пост ЕЦ -110  $\text{В} \times \text{А}$  при  $\cos\varphi = 0.8$ .

Загальна потужність навантажень панелі ПР1 – ЕЦК  $P_{\text{пр}}$ ,  $Q_{\text{пр}}$ ,  $S_{\text{пр}}$  може бути визначена по формулам:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{TV3}} + P_{\text{TV6}} ; \quad (3.17)$$

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{TV3}} + Q_{\text{TV6}} ; \quad (3.18)$$

$$S_{\text{пр}} = \sqrt{(P_{\text{пр}}^2 + Q_{\text{пр}}^2)} \quad (3.19)$$

де  $P_{\text{TV3}}$ ,  $Q_{\text{TV6}}$ ,  $P_{\text{TV3}}$ ,  $Q_{\text{TV6}}$  - активна та реактивна складові потужності навантажень трансформаторів TV 3 та TV6.

### **3.5. Розрахунок навантаження випрямляючої панелі ПВП1 – ЕЦК**

Максимальний струм, який віддає випрямляюча панель, складає 50А, в тому числі: ВП1-30 А і ПП – 20А.

Струм  $I_n$ , який використовується схемами ЕЦ і панелями живлення, складає

$$I_n = I_{an} \times nс, \quad (3.20)$$

де  $I_{an}$  - середньо добовий струм, який використовує реле поста ЕЦ в нормальному режимі в розрахунку на одну стрілку (який складає при безбатарейній системі живлення 0.445 А [ 5 ] )

$$I_n = 16.5 \text{ А.}$$

Акумуляторна батарея приймає від випрямляючих приладів струм різних значень в залежності від режиму її роботи.

В режимі постійної підзарядки ( батарея знаходиться в зарядженому стані) використаний нею струм підзарядки складає, А,

$$I_{nz} = 0.0015 Q_n \quad (3.21)$$

$$I_{nz} = 0.21 \text{ А}$$

де  $Q_n$  – номінальна ємність акумуляторної батареї, А×год.

В режимі форсованого заряду зарядний струм батареї, А, визначається наступним виразом:

$$I_{зб} = Q_n / (t_{вз} \times \eta_a), \quad (3.22)$$

$$I_{зб} = 140 / (72 \times 0.8) = 2.5 \text{ А}$$

де  $t_{вз}$  – максимальний час заряду батареї (72 год. [ 5 ] )

$\eta_a$  –КПД акумуляторів (дорівнює 0.8 [ 5 ] )

Струм випрямлячів в режимі постійної підзарядки батареї можна визначити по наступній формулі, А:

$$I_{en} = I_n + I_{nz} \quad (3.23)$$

$$I_{en} = 16.5 + 0.21 = 16.7 \text{ A}$$

В режимі форсованого заряду батареї струм випрямлячів рівний, А,

$$I_{ez} = I_n + I_{зб}. \quad (3.24)$$

$$I_{ez} = 16.5 + 2.5 = 19 \text{ A}$$

### 3.6. Розрахунок стрілочної панелі

Стрілочні панелі розраховані на максимальний сумарний струм обох груп робочих кіл стрілок 30 А. Розрахунок стрілочної панелі заключається в перевірці відповідності струму, який потрібен стрілкам при їх переводі, з допустимим струмом панелей.

Максимальний (пусковий) струм  $I_{cn \max}$ , може бути визначений по формулі, А,

$$I_{cn \max} = I_{en} \times n_{co}, \quad (3.25)$$

де  $I_{en}$  - струм, використаний одним електроприводом стрілочного переводу (3.2А);

$n_{co}$  - кількість стрілок, які одночасно переводяться (4 стрілки).

$$I_{cn \max} = I_{en} \times n_{co},$$

$$I_{cn \max} = 3.2 \times 4 = 12.8 \text{ A.}$$

### 3.7. Розрахунок потужності рейкових кіл та панелей ПП25.1-ЕЦК

Розрахунок панелей ПП25.1-ЕЦК полягає у визначенні їхньої кількості, виходячи з навантаження, яке створюється рейковими колами.

Фазочутливі рейкові кола мають два кола живлення, тому в панелях встановлюють місцеві і колійні перетворювачі. Розрахунок панелей виконується

як за навантаженням колійних трансформаторів, так і за навантаженням місцевих елементів колійних реле ДСШ.

Потужність колійних трансформаторів рейкових кіл  $S_{пт}$  і місцевих елементів колійних реле  $S_{ме}$  можна визначити за наступними співвідношеннями:

$$S_{пт} = S_{птс} \cdot n_c, \quad (3.26)$$

$$S_{ме} = S_{мес} \cdot n_c, \quad (3.27)$$

де  $S_{птс}, S_{мес}$  – повні потужності відповідно колійних трансформаторів і місцевих елементів у розрахунку на одну стрілку. При електротязі постійного струму –  $P_{птс} = 16,8$  Вт,  $Q_{птс} = 7,85$  вар,  $P_{мес} = 4,1$  Вт,  $Q_{мес} = 4,4$  вар.

$$S_{птс} = \sqrt{P_{птс}^2 + Q_{птс}^2}, \quad (3.28)$$

$$S_{птс} = \sqrt{16,8^2 + 7,85^2} = 18,544 \text{ ВА}, \quad S_{пт} = 18,54 \cdot 37 = 685 \text{ ВА},$$

$$S_{мес} = \sqrt{P_{мес}^2 + Q_{мес}^2}, \quad (3.29)$$

$$S_{мес} = \sqrt{4,1^2 + 4,4^2} = 6,014 \text{ ВА}, \quad S_{ме} = 6,014 \cdot 37 = 222 \text{ ВА}.$$

Далі розраховується необхідне число місцевих  $n_{мп}$  і колійних  $n_{пп}$  перетворювачів:

$$n_{мп} = \frac{S_{ме}}{S_{пме}}, \quad (3.30)$$

$$n_{пп} = \frac{S_{пт}}{S_{ппе}}, \quad (3.31)$$

де  $S_{ппе}, S_{пме}$  – розрахункові потужності відповідно колійного і місцевого перетворювачів,  $S_{ппе} = 290$  ВА,  $S_{пме} = 300$  ВА, [12].

$$n_{мп} = \frac{222}{300} \approx 1, \quad n_{пп} = \frac{685}{290} \approx 3.$$

Відповідно до кількості перетворювачів визначається число панелей. На ділянках з електротягою постійного струму одна панель встановлюється лише в тому випадку, коли кількість колійних перетворювачів не перевищує чотирьох. В

даному випадку встановлюється одна панель.

### 3.8. Розрахунок ввідної панелі ПВ1-ЕЦК, навантаження на зовнішні джерела змінного струму і вибір ДГА

Метою розрахунку ввідної панелі є перевірка завантаження її на потужність та визначення струмів плавких вставок у фідерах живлення, що повинні вказуватися в документації на панелі. Потужність навантажень СЦБ визначається навантаженнями панелей ПР1-ЕЦК, ПВП1М-ЕЦК, ПСПН-ЕЦК та ПП25.1-ЕЦК. Максимальна потужність однієї панелі ПВ1М-ЕЦК складає 80 кВА.

Створюване панеллю ПР1-ЕЦК навантаження на ПВ1М-ЕЦК складається із загальної потужності навантажень ПР1-ЕЦК  $S_{\text{пр}}$  і потужності втрат у трансформаторах ТС1 і ТС2. Активна  $\Delta P_{\text{ТС}}$  і реактивна  $\Delta Q_{\text{ТС}}$  – складові потужності втрат в кожному із ТС – орієнтовно дорівнюють  $\Delta P_{\text{ТС}} = 540$  Вт,  $\Delta Q_{\text{ТС}} = 750$  вар. Тоді повна потужність складе 924 ВА.

Отже для даної станції приймається одна ввідна панель ПВ1М – ЕЦК.

Одночасно з розрахунком потужності ПВ1М-ЕЦК визначається навантаження ДГА. При розрахунку навантаження ДГА  $S_{\text{дга}}$  потужність споживачів негарантованого живлення не враховується.

$$S_{\text{дга}} = S_{\text{пв}} - S_{\text{нсн}} - S_{\text{но}}, \quad (3.36)$$

де  $S_{\text{нсн}}, S_{\text{но}}$  – повна потужність відповідно негарантованого освітлення і силового навантаження.

$$S_{\text{дга}} = 30155 - 6150 - 9000 = 14995 \text{ ВА.}$$

Вибір типу ДГА виконується за активною складовою потужності  $P_{\text{дга}}$ . Як відомо, автоматизовані дизель-генераторні агрегати випускаються таких типів ДГА-12, ДГА-24 і ДГА-48 із номінальною потужністю відповідно 12, 24 і 48 кВт

[8]. В даному випадку оберемо ДГА-24. Розрахунок ввідної панелі для даної станції представлений в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Результати розрахунок потужностей навантаження на ввідну панель

Найменування навантажень	Потужність окремих навантажень		
	Активна, Вт	Реактивна, вар	Повна ВА
Панель ПР1-ЕЦК	1460	370	1506
Втрати в трансформаторах ТС	540	750	924
Панель ПВП1 – ЕЦК	982	1180	1535
Панель ПСТН1 - ЕЦК	2100	900	2284
Панель ПП25.1 - ЕЦК	340	530	630
Всього СЦБ	5422	3730	6879
Резерв СЦБ – 10%	542,2	373	595
Всього СЦБ з резервом	5964,2	4103	6550
Обладнання зв'язку	2300	2300	3225
Освітлення:			
Гарантоване	1350	-	1350
Не гарантоване	6160	-	6160
Гарантована вентиляція	3100	2317	3870
Негарантована вентиляція та мастерні	7200	5420	9000
Всього на ввідну панель	26074,2	14140	30155

Розрахунок плавких вставок виконується для найбільш завантаженої фази системи електроживлення. Якщо врахувати рівномірність завантаження фаз, то струм  $I_{\phi}$  при напрузі  $U_{\phi}=220$  В складе

$$I_{\phi} = \frac{S_{\text{пв}}}{3 \cdot U_{\phi}}, \quad (3.37)$$

$$I_{\phi} = \frac{30155}{3 \cdot 220} = 45,7 \text{ А.}$$

За отриманим значенням фазного струму  $I_{\phi}$  вибираємо найближчу плавку

вставку панелі ПВ1М-ЕЦК на 63 А.

Альтернативним варіантом вибору ДГА є ДГА укомплектовується крім дизель-генератора щитом управління основними операціями ЩДГА, щитом заряду і розряду батарей і живленням автоматики ЩЗРБ 60-М, баками для води, масла і палива.

ДГА-48 забезпечать резервування кіл електроживлення з дуже великим запасом (25586 ВА < 48 000 ВА). Тому запропоновано використати сучасні дизель-генераторні установки типу Дизель-генератор 25 кВт / 30 кВА (Дизельная електростанция 25 кВт / 30 кВа)  
Модель: GPW35DO Серія Deutz [Режим доступу:<http://www.is-odessa.com/GPW35DO.htm>].

Характеристики дизель генераторної ДГУ [22-25]

Номінальна потужність в основному режимі (PRP, ISO 8528-1 \*)

24/30кВт / кВА

Номінальна потужність в резервному режимі (LTP, ISO 8528-1 \*\*)

26/33кВт / кВА

Виробник Rex-Pool Plus (Польща)

Витрата палива на навантаженні 75% 5,9л / год

Обсяг паливного бака 110л

Габарити / вага (відкрите виконання), ДхШхВ,

1900х1000х1450 / 960мм / кг

Габарити / вага (виконання в шумопоглищающем кожусі),

ДхШхВ 2510х1060х1600 / 1300 мм / кг

Дизельний двигун Deutz (Німеччина)

Модель (ліцензійна, збірка Китай) D226B-3D

виконання 3L

Система охолодження рідинна

Швидкість обертання коленвала 1500об / хв

Регулювання швидкості обертання (базова) механічна

Система подачі повітря турбо

Генератор змінного струму Marelli (Італія)

Напруга 230 / 400В, 50Гц

Тип синхронний - безколекторний

Регулювання вихідної напруги автоматична (АРН)

Ступінь захисту IP23

Клас ізоляції H

Основні функції модуля автоматики RGK40 (Італія):

- ручний та віддалений (від сигналу зовнішнього джерела) старт / стоп агрегату;

- вимірювання по фазах V, A, cos f, kW, kVa, вимір rpm, Hz, лічильник; ф-я індикації та стеження за акумуляторними батареями;

- система сигналізації і відключення при низькому тиску масла, високій температурі охолоджуючої рідини, розносі двигуна;

- захист і відключення при перевантаженні по струму і / або напрузі, частоті;

- порт RS232 для підключення до ПК і програмування модуля.

Базова поставка: Дизель-генератор відкритого виконання з модулем автоматики RGK40, базовий паливний бак на 6 годин автономної роботи, індустріальний глушник.

Основні опції (за замовленням):

- Цифровий AMF контролер RGK800 (Італія);

- Автоматичне введення резерву з контакторами ATS;

- Розширення модуля автоматіки для роботи в системі АСУТП;

- Система постійного підмагнічування силового генератора (PMG);

- Захист від бризок шумоізоліруючий кожух;

- Захист від бризок, утеплений, шумоізоліруючий контейнер;

- Синхронізація з основною мережею або іншим дизель-генератором;

- Ефективний глушитель з рівнем зменшення шумів на 35 дБ;
- Система автоматичного поповнення паливом з додаткового бака.
- Повна синхронізація модуля управління з ПК, SMS оповіщення, софт.

$$I_{\text{рез}} = \frac{2m}{m+1} \frac{\Delta U_{\text{т.м max}}}{R_{\text{т.м}} \cos \varphi + X_{\text{т.м}} \sin \varphi} = \left( \frac{2 \cdot 4}{5} - \frac{8500}{0.12 \cdot \cos(0.8) + \sin(0.717) \cdot 0.48} \right) = 3.4 \cdot 10^4 \text{ А} \quad (3.38)$$

де  $m$  – кількість поїздів, що одночасно знаходяться в межах плеча живлення тягової мережі при вимушеному режимі (взяти  $m = 4 \dots 6$ );

$\Delta U_{\text{т.м max}}$  – максимальна втрата напруги в тяговій мережі між підстанцією і максимально віддаленим електровозом, В; при довжині плеча живлення тягової мережі  $l_e \geq 30$  км –  $\Delta U_{\text{т.м max}} = 8500$  В;

$R_{\text{т.м}}, X_{\text{т.м}}$  – активний і реактивний опори тягової мережі відповідно, Ом/км,  $R_{\text{т.м}} = 0,12$  Ом/км,  $X_{\text{т.м}} = 0,48$  Ом/км [13–14];

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності електровоза ( $\cos \varphi = 0,8$ ).

Коефіцієнт зменшення струму визначається за формулою

$$K_m = \frac{1}{m} \left[ 1 + (m+1) \left( 1 - \frac{2l_n + l_p}{2l_e} \right) \right] = \frac{1}{4} \left( 6 \cdot \left( 1 - \frac{2 \cdot 1 + 45}{2 \cdot 60} \right) \right) = 1.01, \quad (4.7)$$

де  $l_n$  – відстань від тягової підстанції до початку кола кабелю (визначається за ординатам місць розташування тягової підстанції та вхідного світлофора заданої станції).

Нормою небезпечної напруги в проводах встановлено значення 250 В для вимушеного режиму роботи контактної мережі і 1`000 В для режиму короткого замикання. При перевищенні хоча б одного з цих значень замість кабелів у пластмасовій оболонці з  $S_k = 1,0$  слід взяти кабель в алюмінієвій оболонці з  $S_k = 0,7$  без броні або  $S_k = 0,3$  з бронею.

## 4. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЯЧИХ ВУЗЛАХ ПОСТА ЕЦ

Підвищити надійність електроживлячих вузлів постів ЕЦ можна також шляхом реновації існуючої комутаційної і захисної апаратури. Як зазначалося вище, магнітні пускачі ввідних панелей постів ЕЦ мають ряд недоліків.

Слід зазначити, що аналогічна продукція провідних світових виробників Asea Brown Boveri Ltd. (ABB), Schneider Electric, Transtecno СВ Альтера, Lovato Electric і ін. є більш надійними, має менші розміри і масу. Так, допоміжні контакти в зарубіжних аналогах магнітних пускачів (контакторів) виконані у вигляді окремих блоків, що дозволяє здійснити їх складом, що резервування в схемах контролю спрацьовування і заміни без демонтажу всього магнітного пускача. Зразок магнітного пускача фірми АВВ наведено на рис. 1, де представлені додаткові вузли: RV5 / Ураб - обмежувач напруги, який включається паралельно котушці електромагніту і виготовляється на всі стандартні напруги для даного серійного ряду; СА5-11, СА5-10, СА5-31М - бокової, фронтальний і додатковий фронтальний блоки допоміжних контактів; VE 5-1 - пристрій реверсивної блокування; ТА 25 DU - теплове реле; NP 40 DA - пневматична реле часу [6, 12, 18-22].

Ці вироби доцільно використовувати в комплекті з електронною котушкою управління, що дозволяє розширити діапазон робочої напруги, а також забезпечити працездатність при значних коливаннях напруги мережі, чітке спрацьовування і повернення. Контактор такій комплектації безшумний і здатний витримати перебої або осідання напруги в живильної ланцюга управління не менше 20 мс. У ньому виключені всі недоліки, властиві колах керування змінного струму зі звичайними котушками [18-22].

Одним з варіантів вирішення проблем перегорання запобіжників є спрацьовування захисних автоматів. Запобігання загорянню або оплавленню

обмоток апаратури може стати заміна існуючих реле напруги у ввідних панелях електроживлення на сучасні аналоги зарубіжного виробництва. Найбільш підходящим є реле напруги РНПП-301), за допомогою якого можна контролювати допустимий рівень чинної напруги з роздільними регулюваннями уставок по мінімальному і максимальному напруги; правильність чергування фаз; знизити опір ізоляції між фазами нижче допустимих меж; повнофазність і симетричність напруги з регульованою установкою по перекосу фаз; стан силових контактів магнітного пускача до і після включення навантаження; необхідні умови, в разі недотримання яких навантаження відключається шляхом розмикання кола живлення котушками магнітного пускача із заданою користувачем витримкою часу; якості напруги після відключення навантаження. При нормалізації його параметрів навантаження автоматично вимикається із заданою користувачем витримкою часу і, таким чином, забезпечується автоматичне повторне включення (АПВ) [24].

Блоки захисту від перенапруг БЗПВ1 і БЗПВ2 необхідно застосувати в панелях електроживлення поста ЕЦ. Вони встановлюються замість блоків БЗЕ-2 у вступних панелях ПВ2-ЕЦ і ПВ3-ЕЦ з метою підвищення захищеності пристроїв ЖАТ [7, 9].

Запропоновано впроваджувати пристрої захисту від перенапруг (ПЗП) серії OVR фірми ABB, Siemens, Toshiba, Cooper, ЗАТ "Хакель Рос", SALTEK FLP-12,5 V/3, які призначені для захисту мережі електроживлення напругою 400 / 230 в і здатні тривалий час працювати при напрузі змінного струму величиною 480/275 в, розраховані на експлуатацію протягом 100000 год, забезпечені терморозчепителями з індикаторами спрацювання і контактами дистанційної сигналізації [].

Застосуємо модернізований блок включення фідера БВФ-М, який виконує функції декількох реле і електронних блоків РНМЗ, РНМЗ-У, ЧЧФ і ДІВ, які застосовуються у ввідних панелях застарілого типу. У функції БВФ входять:

контроль мінімального і максимального напруг трифазного фідера і управління роботою реле включення фідера; формування витримки часу на включення фідера при наявності напруги змінного струму в навантаженні або включення фідера без витримки часу при відсутності змінного струму в навантаженні при безбатарейному електроживленні станцій; контроль перевищення допустимого часу одночасного виключення двох фідерів; контроль правильності чергування фаз і виключення включення фідера при неправильному чергування фаз і наявності напруги змінного струму на навантаженні - забезпечення можливості переходу з одного фідера на інший; управління роботою виконавчих реле диспетчерського контролю; включення індикації контролю роботи фідера на панелі і табло чергового [4, 7]. БВФ-М може використовуватися в панелях електроживлення типу ПВ1-ЕЦК, ПВ1М-ЕЦК, ПВВ-ЕЦ, ПВВ-АБ [22-25].

## ВИСНОВКИ

До релейного захисту пред'являються вимоги селективності, швидкодії, надійності, чутливості, резервування. Будь-яка схема релейного захисту містить вимірювальні перетворювачі, вимірювальні органи, логічну частину, виконавчі та сигнальні елементи.

Практичне значення отриманих результатів визначається наступним:

- проаналізовано недоліки схем електроживлення поста ЕЦ;
- удосконалено схему релейного захисту ліній ВЛ СЦБ;
- дано наукове обґрунтування для уточнення розрахунку струму відсікання релейних схем захисту, яке дає можливість підвищити надійність електроживлення апаратури залізничної автоматики та зв'язку, поста ЕЦ.

[22-28].

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Коган, В.Г. Аппаратура электропитания железнодорожной автоматики. [Текст]/ В. Г. Коган, М. М. Молдавский. – М: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 438 с.
2. Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / Под ред. Вл. В. Сапожников – М.: Маршрут, 2005. – 453 с.
3. Михайлов, А. Ф. Электропитающие устройства и линейные сооружения автоматики, телемеханики и связи железнодорожного транспорта [Текст] / А. Ф. Михайлов, Л. А. Частоедов. – М.: Транспорт, 1987. – 383 с.
4. Модернизированные панели питания ЭЦ для крупных станций [Текст] / Ганеев Э. А. и др. // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – №11. – С. 19-22.
5. Зингер, М. Б. Питающие панели будут работать надежнее [Текст] / М. Б. Зингер // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 10. – С. 18-20.
6. Сороко, В. И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: Справочник: в 2 кн. Кн. 2. – 3 изд. / В. И. Сороко, Е. Н. Розенберг – М.: НПФ «Планета», – 2000. – 1008 с.
7. Ганеев, Э. А. Источники питания нового поколения для устройств ЖАТ / Э. А. Ганеев, А. Ю. Грайфер, С. П. Сергеев // Автоматика, связь, информатика. 2011. – № 8. – С. 9-10
8. Питающие пункты устройств автоматики и телемеханики. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://scbist.com/stati-po-scb/2857-statya-pitayuschie-punkty-ustroistv-avtomatiki-i-telemehaniki.html>.
9. Современные устройства электропитания микропроцессорных и релейных систем железнодорожной автоматики. Назначение и область применения СПУ [Электронный ресурс] / ОАО «РАДИОАВИОНИКА». – Режим доступа: [http://static.scbist.com/scb/uploaded/111318\\_1398165728.pdf](http://static.scbist.com/scb/uploaded/111318_1398165728.pdf).

10. Игнатов, Г. Б. Основные направления повышения надежности электроснабжения устройств СЦБ [Текст]/ Г. Б. Игнатов, Е. Э. Закиев, А. В. Наумов // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – № 1. – С. 9-13.
11. Поплаухин, Э. Н. Пособие по ознакомлению с основными принципами работы и системами электроснабжения устройств СЦБ [Электронный ресурс]/ Э. Н. Поплаухин, Н. В. Ожиганов. – Дорожная электротехническая лаборатория. СКЖД, 2001. – Режим доступа: <http://rostovrailway.narod.ru/posobie.htm>
12. Набойченко, И. О. Посты ЭЦ не должны гореть [Текст]/ Набойченко И. О. // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 11. – С. 23-26.
13. Правила улаштування електроустановок [Текст]: вид. 3-те, перероб. і доп. – Мінпаливенерго України, 2010. – 736 с.
14. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]: Наказ № 258 від 25.07.2006, зареєстр. в Мін-ві Юстиції України від 25.10.2006 р. від № 1143/13017 ./ Мінпаливенерго України. – К., 2006.
15. ЦШ-0042: Пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування [Текст]: Наказ № 347-ЦЗ від 26.04.2006/ Міністерство транспорту. – К., 2006.
16. Інструкція з технічного обслуговування і ремонту пристроїв електропостачання систем сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦЕ-0033 [Текст]: Затв. Наказ Укрзалізниці від 09.02.2012. №048-Ц на заміну ЦЕ-0002. –К., 2012. – 53 с.
17. ЦШ-0060: Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування [Текст]: Наказ № 090-ЦЗ від 07.10.2009 / Міністерство транспорту. – К., 2009.

18. Блок включения фидера модернизированный БВФ-М [Электронный ресурс] / ТУ 32 ЦШ 162.29-2011 (черт. 22389-00-00) Режим доступа: – [http://geksar.ru/attachments/148\\_BVF-M.pdf](http://geksar.ru/attachments/148_BVF-M.pdf)
19. Рогачева, И. Л. Эксплуатация и надежность систем электрической централизации нового поколения [Текст]/ Рогачева И. Л. – М.: Маршрут, 2006. – 220 с.
20. Environmental Product Declaration EBI Lock 950 – Interlocking System/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bombardier.com/content/dam/Websites/bombardiercom/supporting-documents/Sustainability/Reports/ВТ/Bombardier-Transportation-EPD-EBI-Lock-950-Interlocking-System-en.pdf>
21. Герм, Л. А. Устройства и линии электроснабжения автоблокировки [Текст] / Л. А.Герман, М. И. Векслер, И. А. Шелом. – М.: Транспорт, 1987 – 192 с.
22. Реле напряжения, перекоса и последовательности фаз РНПП-301 [Электронный ресурс]: рук-во по экспл. Паспорт: ООО «НОВАТЕК-Электро». – Режим доступа: [http://novatek-electro.com/docs/doc\\_rnpp-301.pdf](http://novatek-electro.com/docs/doc_rnpp-301.pdf)
23. Сердюк Т. Н., Сердюк К. Н., Яремчук М. Р. Удосконалення схем та засобів захисту в панелях електроживлення поста ЕЦ [Текст]// Тези XII Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (12.12.2018 – 13.12.2018, м. Дніпро) - Д.:ДИИТ, 2018.–С. 59.
24. Сердюк, Т. М. Електроживлення і захист пристроїв електричної централізації [Текст] / Т. М. Сердюк, З. В. Тодоров, О. С. Грецько // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2015. – Ном. 9. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2015. – С. 29–45.
25. Сердюк, Т. М. Застосування акумуляторів на постах електричної централізації, переїздах і батарейних шафах вхідних світлофорів [Текст] / Т. М. Сердюк,

- А. Р. Олейнік // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2016. – Ном. 11. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2016. – С. 24–34.
26. Сердюк Т. Н. Литий-ионные аккумуляторы для резервного электропитания устройств железнодорожной автоматики и связи [Текст] / Т. Н. Сердюк, М. Фелизиани, А. А. Коваленко, А. Ю. Журавлёв, Е. В. Кузнецова // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2017. – Ном. 14. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2017. – С. 65-75.
27. Сердюк, Т. М. Електромагнітна сумісність і аналіз параметрів якості електричної енергії споживачів тягових підстанцій / Т. М. Сердюк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2019. – Ном. 17. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2019. – С. 48–60.
28. Tetiana Serdiuk, "Electromagnetic Compatibility and Power Quality of Traction and Non-Traction Consumers", Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE 2020 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Date of Conference 23-25 Sept. 2020, INSPEC Accession Number: 20166733, DOI: 10.1109/EMCEUROPE48519.2020.9245735. Publisher: IEEE. Conference Location: Roma, Italy.